Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Plan Curricular 202x

– Reporte Final–

Última modificación: 202x

Este documento está basado en la propuesta internacional de ACM/IEEE-CS *Computing Curricula*, que a su vez sirvió como base de la versión en Español creada por la Sociedad Peruana de Computación (SPC)

ISBN:

Todos los derechos reservados. Ernesto Cuadros-Vargas, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Equipo de Trabajo

Ph.D. Miguel Estrada
Doctor en Ingeniería Civil, Universidad de Tokio, Japón, 2004
Exministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2019)
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil
email: *estrada@uni.edu.pe*

Ph.D. Rafael Salinas-Basualdo
Doctor en Ingeniería Estructural, Universidad Naciona Autónoma de México, México (2013)
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
email: *diresc_fic@uni.edu.pe*

Dr. Javier Eduardo Arrieta Freire
Coordinador de la UPG, FIC UNI
Doctor en Ingeniería Civil
École Nationale des Ponts et Chaussées (1983)
email: *jarrieta@uni.edu.pe*

Mag. Eden Atalaya
Secretario Académico de la FIC
Magister Universidad Mayor de San Simon, Bolivia (2009)
email: *eatalaya@uni.edu.pe*

MBA. Jose Salgado
Coordinador de maestría UPG
Jefe del centro de educación continua FIC UNI
MBA ESAN, Perú (2011)
email: *jsalgadoc@uni.edu.pe*

Dr. Ernesto Cuadros-Vargas
Dr. en Ciencia de la Computación, Universidad de Sao Paulo, Brasil (2004)
Orador distinguido para la *Association of Computing Machinery* (ACM) (2025-2027)
Miembro del Directorio de Gobernadores de la Sociedad de Computación del IEEE (2020-2023)
Miembro del *Steering Committee ACM/IEEE-CS Computing Curricula 2020 (CS2020)*
Miembro del *Steering Committee ACM/IEEE-CS Computing Curricula/Computer Science (CS2013)*
Secretario Ejecutivo del Centro Latinoamericano de Estudios en Informática (CLEI) 2008-2016
email: *ecuadros@spc.org.pe*

Resumen ejecutivo

Este documento presenta el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) bajo los estándares internacionales y los referentes globales del *Body of Knowledge of Civil Engineering*. Sintetiza la evolución disciplinar de la Ingeniería Civil desde sus fundamentos científicos hasta las demandas de infraestructura resiliente, sostenible e inteligente del siglo XXI. El programa adapta estos referentes globales a nuestro contexto regional:

- Requerimientos locales y nacionales de construcción, desarrollo urbano y gestión de infraestructura.
- Fortalezas institucionales en investigación aplicada, innovación en materiales, métodos constructivos y gestión de proyectos.
- Tendencias emergentes en digitalización, automatización y sostenibilidad en la Ingeniería Civil.

La Ingeniería Civil contemporánea integra los siguientes dominios:

- Ciencias Básicas y Fundamentos de Ingeniería
- Ciencias Tradicionales y Centrales (Estructural, Geotécnica, Hidráulica, Transporte, Construcción)
- Tendencias Modernas (Infraestructura Digital, Sostenibilidad, Resiliencia, Gestión Avanzada, Tecnología)
- Habilidades blandas y Ética Profesional.

El modelo pedagógico se sustenta en cuatro pilares:

- **Excelencia técnica**: Fundamentos científicos, diseño estructural, mecánica de suelos, hidráulica y tecnologías constructivas.
- **Innovación digital**: Modelado BIM, tecnologías emergentes y gestión eficiente de proyectos.
- **Sostenibilidad integral**: Economía circular, diseño resiliente, impacto ambiental y gestión responsable de recursos.
- **Formación humana integral**: Virtudes, conciencia ética, responsabilidad pública y compromiso social profesional.

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), fiel a su identidad , incorpora la formación sólida en ciencias básicas como pilar, desarrollando en los estudiantes:

- Capacidad para discernir impactos éticos y sociales de decisiones técnicas y de diseño.
- Sensibilidad hacia desafíos de equidad, seguridad pública y desarrollo comunitario mediante infraestructura.
- Compromiso con el desarrollo humano integral y el bien común, especialmente de poblaciones vulnerables.
- Liderazgo basado en valores, integridad profesional y servicio a la sociedad.

Esta malla producirá profesionales con:

- Capacidad para concebir, diseñar, construir, operar y mantener sistemas de infraestructura complejos seguros, funcionales, sostenibles y económicos.
- Competencias para liderar la transformación digital en proyectos de ingeniería civil con metodologías y herramientas avanzadas.
- Habilidad para integrar eficiencia técnica con sostenibilidad ambiental, responsabilidad social y resiliencia ante desastres.
- Formación que les permita ejercer su profesión con excelencia técnica, rectitud moral y sentido de servicio público.

La propuesta incorpora mecanismos de actualización continua, asegurando relevancia frente a la evolución tecnológica y alineamiento con estándares internacionales, manteniendo el sello distintivo de la formación que caracteriza a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Índice general

Agradecimientos xxix

Abreviaturas xxxi

1. Introducción 1
1.1. Definiciones básicas . . . 2
1.2. Campo y mercado ocupacional . . . 2
1.3. Importancia de la carrera en la sociedad . . . 3
1.4. Información institutional . . . 4
1.4.1. Misión . . . 4
1.4.2. Visión . . . 4
1.5. Información de acreditacion . . . 5
1.5.1. Resultados de la carrera *Outcomes* . . . 5
1.5.2. Objetivos educacionales . . . 5
1.5.3. Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*) . . . 5
1.6. Perfiles . . . 6
1.6.1. Perfil del estudiante . . . 6
1.6.2. Perfil del graduado . . . 6
1.6.3. Perfil Profesional . . . 7
1.6.4. Perfil del docente . . . 7
1.7. Grados y Títulos . . . 8
1.8. Recursos para dictado de clases . . . 8
1.9. Organización del documento . . . 8

2. Cuerpo del conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) 11
2.1. Mecánica y Materiales de Ingeniería (EMM) . . . 12
2.1.1. EMM/Ciencia de Materiales de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 13
2.1.2. EMM/Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 14
2.1.3. EMM/Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 14
2.1.4. EMM/Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 15
2.1.5. EMM/Transporte y Colocación del Concreto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 15
2.1.6. EMM/Control Estadístico de la Calidad del Concreto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 16
2.1.7. EMM/Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 17
2.1.8. EMM/Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 17
2.1.9. EMM/Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 18
2.1.10. EMM/Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 19

2.1.11. EMM/Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 19
2.1.12. EMM/Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 19
2.1.13. EMM/Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 20
2.1.14. EMM/Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 20
2.1.15. EMM/Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 20
2.1.16. EMM/Introducción a las Vibraciones Estructurales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 21
2.2. Análisis y Diseño Estructural (SAD) . . . 21
2.2.1. SAD/Análisis Estructural I (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 22
2.2.2. SAD/Métodos de Energía para el Análisis Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 23
2.2.3. SAD/Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 23
2.2.4. SAD/Método de las Pendientes y Deflexiones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 24
2.2.5. SAD/Método de Distribución de Momentos (Cross) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 24
2.2.6. SAD/Análisis Estructural Matricial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 24
2.2.7. SAD/Sismología y Desastres Naturales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 24
2.2.8. SAD/Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 25
2.2.9. SAD/Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 25
2.2.10. SAD/Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 26
2.2.11. SAD/Diseño de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 27
2.2.12. SAD/Diseño de Escaleras de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 27
2.2.13. SAD/Detalles Sísmicos de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 27
2.2.14. SAD/Análisis de Concreto Presforzado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 28
2.2.15. SAD/Diseño de Concreto Presforzado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 28
2.2.16. SAD/Proyecto Integrador de Diseño Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 28
2.2.17. SAD/Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 29
2.2.18. SAD/Diseño de Elementos de Acero a Flexión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 29
2.2.19. SAD/Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 29
2.2.20. SAD/Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 30
2.2.21. SAD/Diseño de Estructuras de Mampostería (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 30
2.2.22. SAD/Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 31
2.2.23. SAD/Diseño de Estructuras de Adobe (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 31
2.2.24. SAD/Diseño de Superestructura de Puentes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 31
2.2.25. SAD/Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 32
2.2.26. SAD/Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 32
2.2.27. SAD/Naturaleza y Caracterización de las Cargas en Infraestructura Existente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 33

2.2.28. SAD/Comportamiento No Lineal de Estructuras (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 33
2.2.29. SAD/Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 34
2.2.30. SAD/Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 34
2.2.31. SAD/Análisis Estructural Avanzado . . . 35
2.3. Ingeniería Geotécnica (GTE) . . . 35
2.3.1. GTE/Relaciones de Fase y Filtración (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 36
2.3.2. GTE/Resistencia al Corte y Consolidación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 36
2.3.3. GTE/Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 37
2.3.4. GTE/Capacidad Portante y Diseño (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 38
2.3.5. GTE/Cimentaciones Profundas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 38
2.3.6. GTE/Sistemas de Retención de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 39
2.3.7. GTE/Análisis y Estabilización de Taludes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 39
2.3.8. GTE/Ingeniería Geotécnica Sísmica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 40
2.3.9. GTE/Técnicas de Mejoramiento de Suelos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 41
2.3.10. GTE/Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 41
2.3.11. GTE/Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 42
2.3.12. GTE/Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 42
2.3.13. GTE/Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 43
2.3.14. GTE/Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 43
2.3.15. GTE/Instrumentación y Monitoreo de Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 44
2.3.16. GTE/Construcción de Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 44
2.3.17. GTE/Operación y Gestión de la Seguridad de Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 45
2.3.18. GTE/Geosintéticos para Ingeniería Geotécnica . . . 45
2.4. Geología General (GGL) . . . 45
2.4.1. GGL/Mineralogía (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 46
2.4.2. GGL/Petrología y el Ciclo de las Rocas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 46
2.4.3. GGL/Geología Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 47
2.4.4. GGL/Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 47
2.4.5. GGL/Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 48
2.4.6. GGL/Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 48
2.4.7. GGL/Geología Aplicada (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 49
2.4.8. GGL/Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 49
2.4.9. GGL/Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 50
2.4.10. GGL/Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 50
2.4.11. GGL/Geología Aplicada a Carreteras y Canales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 50
2.4.12. GGL/Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 51
2.4.13. GGL/Peligros Geológicos y Movimientos de Masa (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 51
2.5. Ingeniería de Recursos Hídricos e Hidráulica (WRH) . . . 52
2.5.1. WRH/Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 52

2.5.2. WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 53
2.5.3. WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 53
2.5.4. WRH/Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 53
2.5.5. WRH/Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 54
2.5.6. WRH/Diseño de Estructuras Hidráulicas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . 54
2.5.7. WRH/Sistemas de Agua Urbanos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 55
2.5.8. WRH/Hidrología Subterránea (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 55
2.5.9. WRH/Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 56
2.5.10. WRH/Demanda Agrícola de Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 56
2.5.11. WRH/Diseño de Sistemas de Riego (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 57
2.5.12. WRH/Drenaje Agrícola y Subsuperficial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . 57
2.5.13. WRH/Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 58
2.5.14. WRH/Ingeniería Costera y de Planicies de Inundación . . . 58
2.6. Ingeniería Fluvial y de Ríos (RIV) . . . 59
2.6.1. RIV/Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 59
2.6.2. RIV/Socavación y Morfología Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 59
2.6.3. RIV/Ingeniería Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 60
2.7. Ingeniería de Sistemas Ambientales (ESE) . . . 60
2.7.1. ESE/Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 61
2.7.2. ESE/Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 62
2.7.3. ESE/Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 62
2.7.4. ESE/Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 63
2.7.5. ESE/Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 64
2.7.6. ESE/Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 64
2.7.7. ESE/Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos . . . 65
2.8. Ingeniería y Gestión de la Construcción (CEM) . . . 66
2.8.1. CEM/Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 66
2.8.2. CEM/Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 67
2.8.3. CEM/Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 67
2.8.4. CEM/Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 68
2.8.5. CEM/Reajuste de Precios y Valorizaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 68
2.8.6. CEM/Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 69
2.8.7. CEM/Contratos, Especificaciones y Derecho de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 69
2.8.8. CEM/Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 70
2.8.9. CEM/Trazo y Replanteo de Obras (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 71

2.8.10. CEM/Encofrados y Sistemas de Apuntalamiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 71
2.8.11. CEM/Fierrería y Armado de Acero de Refuerzo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 71
2.8.12. CEM/Gestión de Obra y Campo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 72
2.8.13. CEM/Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 73
2.9. Tecnologías Digitales en Ingeniería Civil (DTC) . . . 73
2.9.1. DTC/Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 74
2.9.2. DTC/Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 74
2.9.3. DTC/Aplicaciones de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Ingeniería Civil . . . 75
2.9.4. DTC/Gemelos Digitales para Gestión del Ciclo de Vida de Infraestructura . . . 76
2.9.5. DTC/Ingeniería Geoespacial . . . 76
2.9.6. DTC/Análisis de Datos, Visualización e Informática para Sistemas Civiles . . . 77
2.9.7. DTC/Automatización, Robótica y Fabricación Aditiva (Impresión 3D) en Construcción . . . 77
2.10. Infraestructura Sostenible y Resiliente (SRI) . . . 78
2.10.1. SRI/Principios Fundamentales de Sostenibilidad y Triple Resultado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 79
2.10.2. SRI/Eficiencia de Recursos y Economía Circular (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 79
2.10.3. SRI/Dimensiones Social, Económica y de Gobernanza de la Infraestructura Sostenible (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 79
2.10.4. SRI/Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 79
2.10.5. SRI/Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 80
2.10.6. SRI/Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) y Contabilidad de Carbono Incorporado 81
2.10.7. SRI/Soluciones basadas en la Naturaleza y Desarrollo de Bajo Impacto . . . 81
2.10.8. SRI/Infraestructura Energética e Integración de Energía Renovable . . . 82
2.11. Ingeniería de Instalaciones de Edificación (BSE) . . . 83
2.11.1. BSE/Sistema de Agua en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 83
2.11.2. BSE/Sistema de Evacuación de Aguas en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 83
2.11.3. BSE/Instalaciones Eléctricas de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 84
2.12. Práctica Profesional y Liderazgo de Proyectos (PPL) . . . 84
2.12.1. PPL/ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 85
2.12.2. PPL/Comunicación Escrita y Redacción Técnica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 85
2.12.3. PPL/Presentación Oral y Comunicación Profesional (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 85
2.12.4. PPL/Comunicación Digital y Colaborativa (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 86
2.12.5. PPL/Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 86
2.12.6. PPL/Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 87
2.12.7. PPL/Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 87
2.12.8. PPL/Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 88
2.12.9. PPL/Contexto Profesional y Normativo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . 89

2.12.10 PPL/Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 89

3. Cuerpo del conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) 91
3.1. Ingeniería de Pavimentos y Vías (TIE) . . . 92
3.1.1. TIE/Materiales de Pavimento y Caracterización (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 92
3.1.2. TIE/Diseño y Gestión de Pavimentos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 93
3.1.3. TIE/Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 93
3.1.4. TIE/Gestión de Activos Viales y de Puentes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 94
3.2. Ingeniería de Diseño Geométrico (GDE) . . . 94
3.2.1. GDE/Controles y Criterios de Diseño . . . 94
3.2.2. GDE/Diseño del Alineamiento Horizontal . . . 95
3.2.3. GDE/Diseño del Alineamiento Vertical . . . 95
3.2.4. GDE/Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral . . . 96
3.2.5. GDE/Intersecciones a Nivel e Intercambiadores . . . 96
3.2.6. GDE/Diseño Sensible al Contexto y Multimodal . . . 96
3.3. Ingeniería de Transporte (TRE) . . . 97
3.3.1. TRE/Planificación de Transporte y Economía . . . 97
3.3.2. TRE/Economía y Financiamiento del Transporte . . . 98
3.3.3. TRE/Transporte de Carga y Logística . . . 98
3.3.4. TRE/Planificación de Sistemas de Transporte Público . . . 98
3.4. Ingeniería de Tránsito (TFE) . . . 99
3.4.1. TFE/Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad . . . 99
3.4.2. TFE/Operaciones y Gestión del Tráfico . . . 99
3.4.3. TFE/Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados . . . 100
3.4.4. TFE/Ingeniería de Seguridad Vial . . . 100
3.4.5. TFE/Dispositivos de Control del Tránsito . . . 101
3.4.6. TFE/Estudios de Impacto Vial . . . 101
3.5. Ingeniería Aeroportuaria (APE) . . . 101
3.5.1. APE/Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda . . . 102
3.5.2. APE/Diseño Geométrico del Lado Aire . . . 102
3.5.3. APE/Diseño y Evaluación de Pavimentos de Campo Aéreo . . . 102
3.5.4. APE/Drenaje, Iluminación y Ayudas Visuales de Campo Aéreo . . . 103
3.5.5. APE/Diseño de Terminal y Lado Tierra . . . 103
3.5.6. APE/Espacio Aéreo y Operaciones de Tránsito Aéreo . . . 103
3.5.7. APE/Seguridad, Protección y Regulación Aeroportuaria . . . 104
3.6. Ingeniería Ferroviaria (RWE) . . . 104
3.6.1. RWE/Diseño de Alineamiento Ferroviario . . . 105
3.6.2. RWE/Diseño de la Estructura de Vía . . . 105
3.6.3. RWE/Señalización Ferroviaria y Control de Trenes . . . 105
3.6.4. RWE/Electrificación Ferroviaria . . . 106
3.6.5. RWE/Fundamentos de Material Rodante . . . 106
3.6.6. RWE/Capacidad y Operaciones Ferroviarias . . . 106
3.6.7. RWE/Diseño de Estaciones y Terminales Ferroviarias . . . 107
3.7. Ingeniería Portuaria (PTE) . . . 107
3.7.1. PTE/Planificación Portuaria . . . 107
3.7.2. PTE/Hidráulica Marítima para Puertos . . . 108
3.7.3. PTE/Rompeolas y Estructuras Costeras . . . 108
3.7.4. PTE/Diseño de Atraques y Muelles . . . 108
3.7.5. PTE/Dragado y Batimetría . . . 108
3.7.6. PTE/Manipulación de Carga y Diseño de Patios . . . 109
3.7.7. PTE/Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria . . . 109
3.8. Topografía (TOP) . . . 109
3.8.1. TOP/Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición . . . 110

3.8.2. TOP/Planimetría . . . 110
3.8.3. TOP/Nivelación y Control Vertical . . . 110
3.8.4. TOP/Estación Total y Teodolito . . . 111
3.8.5. TOP/Topografía GNSS . . . 111
3.8.6. TOP/Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno . . . 111
3.8.7. TOP/Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras . . . 112
3.8.8. TOP/Replanteo de Obra . . . 112
3.9. Geodesia (GEO) . . . 112
3.9.1. GEO/Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia . . . 112
3.9.2. GEO/Redes Geodésicas de Control . . . 113
3.9.3. GEO/Geodesia Física y el Campo Gravitacional . . . 113
3.9.4. GEO/Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión . . . 113
3.10. Cartografía (CAR) . . . 114
3.10.1. CAR/Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia . . . 114
3.10.2. CAR/Diseño Cartográfico y Generalización . . . 115
3.10.3. CAR/Cartografía Topográfica y Temática . . . 115
3.10.4. CAR/Modelos de Datos y Estándares Cartográficos . . . 115
3.11. Fotogrametría (FOT) . . . 116
3.11.1. FOT/Fundamentos Fotogramétricos . . . 116
3.11.2. FOT/Triangulación Aérea y Georreferenciación . . . 116
3.11.3. FOT/Productos Fotogramétricos Digitales . . . 117
3.11.4. FOT/Fotogrametría UAV y de Corto Alcance . . . 117
3.12. Sistemas de Información Geográfica (SIG) . . . 118
3.12.1. SIG/Fundamentos y Modelos de Datos SIG . . . 118
3.12.2. SIG/Análisis Espacial y Geoprocesamiento . . . 118
3.12.3. SIG/Adquisición e Integración de Datos SIG . . . 119
3.12.4. SIG/Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil . . . 119
3.13. Teledetección (TLD) . . . 119
3.13.1. TLD/Fundamentos de Teledetección . . . 120
3.13.2. TLD/Procesamiento Digital de Imágenes . . . 120
3.13.3. TLD/Teledetección Activa: LiDAR y Radar . . . 120
3.13.4. TLD/Aplicaciones de la Teledetección en Ingeniería Civil . . . 121
3.14. Análisis y Modelación de Sistemas de Transporte (TSA) . . . 121
3.14.1. TSA/Fundamentos de Sistemas de Transporte . . . 121
3.14.2. TSA/Modelación de Redes de Transporte . . . 122
3.14.3. TSA/Métodos de Simulación de Transporte . . . 122
3.14.4. TSA/Optimización Aplicada al Transporte . . . 122
3.14.5. TSA/Analítica de Datos para el Transporte . . . 123
3.15. Planificación Urbana y Regional del Transporte (UTP) . . . 123
3.15.1. UTP/Integración de Uso de Suelo y Transporte . . . 123
3.15.2. UTP/Planificación Regional del Transporte . . . 124
3.15.3. UTP/Desarrollo Orientado al Tránsito . . . 124
3.15.4. UTP/Planificación del Transporte Activo . . . 124
3.15.5. UTP/Gestión de Estacionamientos y Espacio Vial . . . 125
3.16. Política, Regulación y Gobernanza del Transporte (TPL) . . . 125
3.16.1. TPL/Marcos de Política de Transporte . . . 125
3.16.2. TPL/Derecho y Regulación del Transporte . . . 126
3.16.3. TPL/Evaluación Ambiental y Permisos . . . 126
3.16.4. TPL/Equidad y Accesibilidad en el Transporte . . . 126
3.16.5. TPL/Gobernanza Institucional del Transporte . . . 126
3.17. Movilidad Sostenible y Resiliente (SMT) . . . 127
3.17.1. SMT/Emisiones del Transporte y Descarbonización . . . 127
3.17.2. SMT/Electrificación y Combustibles Alternativos . . . 127
3.17.3. SMT/Resiliencia Climática de la Infraestructura de Transporte . . . 128
3.17.4. SMT/Mitigación de Ruido y Calidad del Aire . . . 128
3.17.5. SMT/Evaluación de Sostenibilidad de Ciclo de Vida . . . 128

3.18. Gestión de Proyectos y Práctica Profesional en Transporte (TPM) 129
3.18.1. TPM/Métodos de Entrega de Proyectos de Transporte 129
3.18.2. TPM/Estimación de Costos y Programación 129
3.18.3. TPM/Gestión de Construcción de Proyectos de Transporte 130
3.18.4. TPM/Participación de Interesados 130
3.18.5. TPM/Ética y Práctica Profesional 130

4. Cuerpo del conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) 131
4.1. Cálculo y Análisis (CAN) 132
4.1.1. CAN/Integrales de Línea y Campos Vectoriales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 133
4.1.2. CAN/Integrales Múltiples (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 133
4.1.3. CAN/Transformaciones Multivariables (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 133
4.1.4. CAN/Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 134
4.1.5. CAN/Funciones Vectoriales de una Variable Real (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 134
4.1.6. CAN/Límites y Continuidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 134
4.1.7. CAN/Cálculo Diferencial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 134
4.1.8. CAN/Cálculo Integral (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 135
4.1.9. CAN/Integrales Impropias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 135
4.1.10. CAN/Sucesiones, Series y Series de Potencias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 135
4.1.11. CAN/Aplicaciones de la Integral Definida (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 136
4.1.12. CAN/Geometría en el Espacio (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 136
4.1.13. CAN/Superficies Cuádricas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 136
4.1.14. CAN/Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 136
4.1.15. CAN/Cálculo Multivariable y Vectorial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 137
4.1.16. CAN/Análisis Complejo y Transformaciones Conformes 137
4.1.17. CAN/Análisis Armónico y Series de Fourier 137
4.2. álgebra y Teoría de Números (ANT) 138
4.2.1. ANT/Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 138
4.2.2. ANT/Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 138
4.2.3. ANT/Valores Propios y Espacios con Producto Interno (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 139
4.3. Modelado Matemático y Simulación (MMS) 139
4.3.1. MMS/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 139
4.3.2. MMS/Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 139
4.3.3. MMS/Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 140
4.3.4. MMS/Dinámica de Fluidos Matemática (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . 140
4.3.5. MMS/Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 141
4.3.6. MMS/Sistemas Dinámicos y Teoría de Bifurcaciones 141
4.3.7. MMS/Teoría de Control y Control Óptimo 141
4.4. Probabilidad y Estadística (PST) 142
4.4.1. PST/Estadística Matemática y Teoría de Estimación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 142
4.4.2. PST/Análisis de Series Temporales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 142
4.4.3. PST/Axiomas de Probabilidad y Variables Aleatorias 143
4.4.4. PST/Procesos Estocásticos y Cadenas de Markov 143
4.5. Análisis Numérico y Científico (NSA) 144

4.5.1. NSA/Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 144
4.5.2. NSA/álgebra Lineal Numérica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 144
4.5.3. NSA/Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 145
4.5.4. NSA/Teoría de Aproximación e Interpolación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 145
4.5.5. NSA/Integración Numérica y Cuadratura (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . 145
4.5.6. NSA/Métodos Numéricos para EDO y EDP (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 146
4.5.7. NSA/Método de Elementos Finitos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 146
4.5.8. NSA/Algoritmos de Optimización (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 147
4.5.9. NSA/Computación Paralela y de Alto Rendimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 147
4.6. Fundamentos Matemáticos de la Ciencia de Datos (FDS) . . . 147
4.6.1. FDS/Teoría de la Información y Entropía . . . 148
4.7. Matemáticas Discretas y Combinatoria (DMC) . . . 148
4.7.1. DMC/Teoría de Grafos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 148
4.8. Biología Matemática y Ciencias de la Vida (MBL) . . . 149
4.8.1. MBL/Dinámica de Poblaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 149
4.9. Matemáticas Financieras y Actuariales (FAM) . . . 149
4.9.1. FAM/Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 149
4.10. Mecánica Clásica (CME) . . . 150
4.10.1. CME/Cinemática y Dinámica de Partículas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 150
4.10.2. CME/Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 151
4.10.3. CME/Movimiento Rotacional y Momento Angular (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 151
4.10.4. CME/Sistemas de Partículas y Momento Lineal (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 152
4.10.5. CME/Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 152
4.10.6. CME/Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 153
4.10.7. CME/Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 153
4.10.8. CME/Elasticidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 154
4.10.9. CME/Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 154
4.10.10. CME/Vibraciones y Ondas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 155
4.10.11. CME/Teoría de Pequeñas Oscilaciones y Osciladores Acoplados (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 155
4.10.12. CME/Fenómeno de Transporte (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 156
4.11. Electromagnetismo (ELM) . . . 156
4.11.1. ELM/Electrostática: Campo Eléctrico y Ley de Gauss (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 156
4.11.2. ELM/Potencial Eléctrico y Ecuaciones de Poisson/Laplace (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 157
4.11.3. ELM/Energía Electrostática y Dieléctricos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 157
4.11.4. ELM/Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 158
4.11.5. ELM/Propiedades Magnéticas de la Materia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 158
4.11.6. ELM/Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 158
4.11.7. ELM/Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 159
4.11.8. ELM/Ecuaciones de Maxwell y Transformaciones de Gauge . . . 159
4.11.9. ELM/Ondas Electromagnéticas y Propagación en Medios . . . 159

4.12. Termodinámica y Mecánica Estadística (TSM) . . . 160
4.12.1. TSM/Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 160
4.12.2. TSM/Teoría Cinética de los Gases (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 161
4.12.3. TSM/Máquinas Térmicas, Entropía y Segunda Ley . . . 161
4.13. Física de la Materia Condensada (SSP) . . . 161
4.13.1. SSP/Estructuras Cristalinas y Redes Recíprocas . . . 162
4.13.2. SSP/Modelo de Electrones Libres y Teoría de Bandas de los Sólidos . . . 162
4.13.3. SSP/Semiconductores, Aislantes y Metales . . . 162
4.14. Química General (GCH) . . . 163
4.14.1. GCH/Materia y Energía (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 163
4.14.2. GCH/Estructura Atómica Básica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 163
4.14.3. GCH/Enlace Químico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 164
4.14.4. GCH/Estequiometría (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 164
4.14.5. GCH/Estados de la Materia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 164
4.14.6. GCH/Química Ambiental y del Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 164
4.14.7. GCH/Polímeros y Geosintéticos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 165
4.14.8. GCH/Equilibrio Químico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 165
4.14.9. GCH/Equilibrio Iónico e Hidrólisis de Sales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 165
4.14.10. GCH/Sales, Solubilidad y Equilibrios de Precipitación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 165
4.14.11. GCH/Electroquímica y Electrólisis (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 166
4.14.12. GCH/Química del Cemento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 166
4.15. Química Inorgánica (INC) . . . 166
4.15.1. INC/Química del Estado Sólido y Materiales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 166
4.15.2. INC/Estructura Atómica y Periodicidad . . . 167
4.16. Físico-Química (PHC) . . . 167
4.16.1. PHC/Termodinámica Química y Equilibrio . . . 168
4.17. Ciencia de Materiales y Nanotecnología (MSN) . . . 168
4.17.1. MSN/Síntesis de Nanomateriales y Nanofabricación . . . 168
4.17.2. MSN/Caracterización de Materiales (DRX, SEM, TEM) . . . 169
4.17.3. MSN/Materiales para el Almacenamiento y Conversión de Energía . . . 169
4.18. Teoría de la Probabilidad (PRO) . . . 170
4.18.1. PRO/Espacios Muestrales y Eventos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 170
4.18.2. PRO/Axiomas y Propiedades de la Probabilidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 170
4.18.3. PRO/Probabilidad Condicional e Independencia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 171
4.18.4. PRO/Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 171
4.18.5. PRO/Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 171
4.18.6. PRO/Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 172
4.18.7. PRO/Teoremas Límite: LGN y TCL (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 172
4.19. Estadística Descriptiva y Análisis de Datos (DSC) . . . 173
4.19.1. DSC/Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 173
4.20. Inferencia Estadística (INF) . . . 173
4.20.1. INF/Estimación Puntual (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 173
4.20.2. INF/Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 174
4.20.3. INF/Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 174
4.20.4. INF/Inferencia Bayesiana (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 174
4.21. Regresión y Modelos Estadísticos (REG) . . . 175

4.21.1. REG/Regresión Lineal Simple (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 175

5. Cuerpo del conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) 177
5.1. Principios de Gestión de Proyectos (PR) 178
5.1.1. PR/Mayordomía 178
5.1.2. PR/Crear un Entorno Colaborativo en el Equipo de Proyecto 178
5.1.3. PR/Involucrar Efectivamente a los Interesados 179
5.1.4. PR/Enfocarse en el Valor 179
5.1.5. PR/Reconocer, Evaluar y Responder a las Interacciones del Sistema 180
5.1.6. PR/Demostrar Comportamientos de Liderazgo 180
5.1.7. PR/Adaptar según el Contexto 180
5.1.8. PR/Incorporar la Calidad en los Procesos y Entregables 181
5.1.9. PR/Navegar la Complejidad 181
5.1.10. PR/Optimizar las Respuestas al Riesgo 182
5.1.11. PR/Adoptar la Adaptabilidad y la Resiliencia 182
5.1.12. PR/Habilitar el Cambio para Alcanzar el Estado Futuro Previsto 182
5.2. Interesados (ST) 183
5.2.1. ST/Identificación y Análisis de Interesados 183
5.2.2. ST/Planificación del Involucramiento de los Interesados 183
5.2.3. ST/Comunicación y Relaciones con los Interesados 184
5.2.4. ST/Gestión de las Expectativas de los Interesados 184
5.2.5. ST/Influencia y Poder de los Interesados 185
5.2.6. ST/Conflicto y Negociación con los Interesados 185
5.2.7. ST/Monitoreo del Involucramiento de los Interesados 185
5.3. Equipo (TM) 186
5.3.1. TM/Cultura del Equipo de Proyecto 186
5.3.2. TM/Estilos de Liderazgo del Equipo 186
5.3.3. TM/Desarrollo y Rendimiento del Equipo 187
5.3.4. TM/Motivación y Empoderamiento 187
5.3.5. TM/Colaboración y Construcción de Confianza 188
5.3.6. TM/Equipos Distribuidos y Virtuales 188
5.3.7. TM/ética y Conducta Profesional 188
5.4. Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida (DL) 189
5.4.1. DL/Actividades de Inicio y Cierre (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 189
5.4.2. DL/Selección del Enfoque de Desarrollo 189
5.4.3. DL/Enfoque Predictivo 190
5.4.4. DL/Enfoque Adaptativo 190
5.4.5. DL/Enfoque Híbrido 191
5.4.6. DL/Estructura de Fases del Proyecto 191
5.4.7. DL/Adaptación del Enfoque de Desarrollo 191
5.5. Planificación (PL) 192
5.5.1. PL/Principios de Planificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 192
5.5.2. PL/Planificación del Alcance y los Requisitos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 192
5.5.3. PL/Planificación del Cronograma (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 193
5.5.4. PL/Planificación de Costos y Presupuesto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) 193
5.5.5. PL/Planificación de Recursos 194
5.5.6. PL/Planificación de la Calidad 194
5.5.7. PL/Planificación del Riesgo y la Incertidumbre 194
5.5.8. PL/Planificación de las Comunicaciones y el Involucramiento de los Interesados 195
5.5.9. PL/Planificación de las Adquisiciones 195
5.5.10. PL/Planificación Integrada del Proyecto 195
5.6. Trabajo del Proyecto (PW) 196
5.6.1. PW/Gestión de los Artefactos del Proyecto 196
5.6.2. PW/Comunicación y Gestión del Conocimiento 196
5.6.3. PW/Involucramiento del Equipo Durante la Ejecución 197
5.6.4. PW/Involucramiento de los Interesados Durante la Ejecución 197

5.6.5. PW/Gestión de los Recursos Físicos . . . 198
5.6.6. PW/Trabajo con las Adquisiciones . . . 198
5.6.7. PW/Monitoreo y Adaptación del Trabajo . . . 198
5.7. Entrega (DV) . . . 199
5.7.1. DV/Definición y Entrega de Valor . . . 199
5.7.2. DV/Entrega de Requisitos y Alcance . . . 199
5.7.3. DV/Aseguramiento de la Calidad y Entrega . . . 200
5.7.4. DV/Entrega Incremental e Iterativa . . . 200
5.7.5. DV/Transición y Entrega . . . 201
5.7.6. DV/Gestión de la Realización de Beneficios . . . 201
5.7.7. DV/Satisfacción del Cliente y el Usuario . . . 201
5.8. Medición (MS) . . . 202
5.8.1. MS/Indicadores Clave de Rendimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 202
5.8.2. MS/Tableros de Control y Radiadores de Información (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr) . . . 202
5.8.3. MS/Propósito y Enfoque de la Medición . . . 203
5.8.4. MS/Valor Ganado y Rendimiento del Cronograma . . . 203
5.8.5. MS/Pronósticos y Tendencias . . . 204
5.8.6. MS/Informes de Rendimiento para los Interesados . . . 204
5.8.7. MS/Lecciones Aprendidas y Captura de Conocimiento . . . 204
5.9. Incertidumbre (UN) . . . 205
5.9.1. UN/Comprensión de la Incertidumbre y el Riesgo . . . 205
5.9.2. UN/Identificación y Evaluación del Riesgo . . . 206
5.9.3. UN/Respuesta a Amenazas y Oportunidades . . . 206
5.9.4. UN/Gestión de la Ambigüedad . . . 206
5.9.5. UN/Gestión de la Complejidad . . . 207
5.9.6. UN/Estrategias de Volatilidad y Resiliencia . . . 207
5.9.7. UN/Monitoreo y Adaptación a la Incertidumbre . . . 208

6. Plan de estudios **209**
6.1. Codificación de los cursos . . . 209
6.2. Estructura Curricular . . . 210
6.3. Tópicos distribuídos por curso . . . 216
6.3.1. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*)/curso . . . 216
6.3.2. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*)/curso . . . 232
6.3.3. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*)/curso . . . 242
6.3.4. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*)/curso . . . 250
6.4. Resultados esperados distribuídos por curso . . . 253
6.5. Cursos por resultado (*Outcome*) . . . 259
6.5.1. Outcome: ABET-1) Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería. . . . 259
6.5.2. Outcome: ABET-2) Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas. . . . 260
6.5.3. Outcome: ABET-3) Comunicarse efectivamente. . . . 262
6.5.4. Outcome: ABET-4) Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados. . . . 262
6.5.5. Outcome: ABET-5) Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo. . . . 262
6.5.6. Outcome: ABET-6) Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones. . . . 262
6.5.7. Outcome: ABET-7) Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje. . . . 263
6.6. Distribución de cursos en la carrera . . . 264
6.7. Departamentos . . . 266
6.7.1. Ciencias Básicas . . . 266
6.7.2. Construcción . . . 267
6.7.3. Estructuras . . . 267

6.7.4. Hidráulica . . . 267
6.7.5. Ingeniería Geotécnica . . . 268
6.7.6. DAVG . . . 268
6.7.7. Ciencias Básicas . . . 268
6.8. Compatibilidad de la carrera con relación a estandares internacionales . . . 269

7. Contenido detallado por curso **279**
Primer Semestre . . . 279
MA100 Matemática Básica (Obligatorio) . . . 279
MA111 Cálculo I (Obligatorio) . . . 283
BCH101 Química I (Obligatorio) . . . 285
BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (Obligatorio) . . . 289
BRC101 Redacción y Comunicación (Obligatorio) . . . 294
BIC101 Introducción a la Programación (Obligatorio) . . . 296
BEC101 Economía General (Obligatorio) . . . 301
Segundo Semestre . . . 305
CE1G1 Geología General (Obligatorio) . . . 305
CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (Obligatorio) . . . 309
AI161 IA Aplicada (Obligatorio) . . . 320
CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (Obligatorio) . . . 324
MA112 Cálculo II (Obligatorio) . . . 327
BFI101 Física I (Obligatorio) . . . 331
ID101 Inglés I (Obligatorio) . . . 336
BEF201 Ética y Filosofía Política (Obligatorio) . . . 340
Tercer Semestre . . . 343
CE1M1 Estática (Obligatorio) . . . 343
CE2C1 Tecnología de los Materiales (Obligatorio) . . . 346
CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (Obligatorio) . . . 352
MA121 Algebra Lineal I (Obligatorio) . . . 355
MA210 Cálculo III (Obligatorio) . . . 357
BFI102 Física II (Obligatorio) . . . 360
ID102 Inglés II (Obligatorio) . . . 365
Cuarto Semestre . . . 369
CE1M2 Dinámica (Obligatorio) . . . 369
CE2C3 Tecnología del Concreto I (Obligatorio) . . . 372
CE2M1 Mecánica de Materiales I (Obligatorio) . . . 377
MA202 Métodos Numéricos (Obligatorio) . . . 380
MA211 Cálculo IV (Obligatorio) . . . 385
STA251 Estadística y Probabilidades (Obligatorio) . . . 388
ID201 Inglés III (Obligatorio) . . . 393
Quinto Semestre . . . 397
CE2G1 Mecánica de Suelos I (Obligatorio) . . . 397
CE2H1 Mecánica de Fluidos I (Obligatorio) . . . 400
MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Obligatorio) . . . 407
ID202 Inglés IV (Obligatorio) . . . 409
CE2M2 Mecánica de Materials II (Electivo) . . . 413
Sexto Semestre . . . 415
CE2G2 Mecánica de Suelos II (Obligatorio) . . . 415
CE2T1 Geomática Básica (Obligatorio) . . . 419
CE3H1 Mecánica de Fluidos II (Obligatorio) . . . 423
ID203 Inglés V (Obligatorio) . . . 426
BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (Obligatorio) . . . 430
Séptimo Semestre . . . 435
CE2C6 Acondicionamiento Territorial (Obligatorio) . . . 435
CE2S1 Análisis Estructural I (Obligatorio) . . . 438
CE2S2 Concreto Armado I (Obligatorio) . . . 441

CE2S3 Diseño en Acero (Obligatorio) . . . 444
CE2T2 Geomática Aplicada (Obligatorio) . . . 447
CE2T3 Geodesia (Obligatorio) . . . 450
CE3G3 Geología Aplicada (Obligatorio) . . . 453
CE3H2 Hidrología General (Obligatorio) . . . 458
Octavo Semestre . . . 461
CE2C2 Tecnología de la Construcción I (Obligatorio) . . . 461
CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (Obligatorio) . . . 465
CE2T4 Ingeniería de Transportes (Obligatorio) . . . 469
CE3G1 Dinámica de Suelos (Obligatorio) . . . 474
CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (Obligatorio) . . . 478
CE3H4 Recursos Hidráulicos (Obligatorio) . . . 483
CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (Obligatorio) . . . 489
CE3S5 Puentes y Obras de Arte (Obligatorio) . . . 492
CE3T1 Fotogrametría Aérea (Obligatorio) . . . 495
CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (Obligatorio) . . . 498
CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (Obligatorio) . . . 502
CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (Obligatorio) . . . 505
BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (Obligatorio) . . . 510
Noveno Semestre . . . 513
CE2C5 Planeamiento y programación de obras (Obligatorio) . . . 513
CE2T5 Diseño Vial (Obligatorio) . . . 516
CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (Obligatorio) . . . 521
CE3C2 Tecnología de la Construcción II (Obligatorio) . . . 529
CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (Obligatorio) . . . 534
CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (Obligatorio) . . . 537
CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Obligatorio) . . . 540
CE3S1 Análisis Estructural II (Obligatorio) . . . 551
CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (Obligatorio) . . . 555
CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (Obligatorio) . . . 562
CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (Obligatorio) . . . 570
CE402 Proyecto de final de carrera I (Obligatorio) . . . 575
BLW201 Legislación (Obligatorio) . . . 577
CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (Electivo) . . . 584
CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (Electivo) . . . 587
CE3G6 Presas de Tierra (Electivo) . . . 591
CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (Electivo) . . . 596
CE3S9 Concreto Presforzado (Electivo) . . . 600
Décimo Semestre . . . 603
CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (Obligatorio) . . . 603
CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (Obligatorio) . . . 606
CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (Obligatorio) . . . 611
CE3H5 Hidráulica Fluvial (Obligatorio) . . . 618
CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (Obligatorio) . . . 622
CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (Obligatorio) . . . 628
CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (Obligatorio) . . . 631
CE3S12 Taller de Investigación (Obligatorio) . . . 635
CE3S2 Concreto Armado II (Obligatorio) . . . 640
CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (Obligatorio) . . . 645
CE3T5 Planificación de Transporte (Obligatorio) . . . 649
CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (Obligatorio) . . . 653
CE3T7 Puertos (Obligatorio) . . . 657
CE3T9 Taller de Investigación (Obligatorio) . . . 661
CE403 Proyecto de final de carrera II (Obligatorio) . . . 666
CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (Electivo) . . . 668
CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (Electivo) . . . 674

CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente (Electivo) 678

8. Profesores & Cursos **681**
Cursos asignados por profesor 681
Profesor asignado por curso 681

9. Equivalencias con otros planes curriculares **685**

10. Laboratorios **687**

Índice de figuras

6.1. Esquema de codificación para los cursos. 209
6.2. Créditos por área por semestre 265
6.3. Distribución de cursos por áreas considerando creditaje. 266
6.4. Distribución de créditos por niveles de cursos. 266
6.5. Ciencias Básicas 272
6.6. Construcción 273
6.7. Estructuras 274
6.8. Hidráulica 275
6.9. Ingeniería Geotécnica 276
6.10. DAVG 277
6.11. Ciencias Básicas 277

7.1. Mapa de Conexión. MA100 Matemática Básica 280
7.2. Mapa de Conexión. MA111 Cálculo I 283
7.3. Mapa de Conexión. BCH101 Química I 285
7.4. Mapa de Conexión. BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje 289
7.5. Mapa de Conexión. BRC101 Redacción y Comunicación 294
7.6. Mapa de Conexión. BIC101 Introducción a la Programación 296
7.7. Mapa de Conexión. BEC101 Economía General 301
7.8. Mapa de Conexión. CE1G1 Geología General 305
7.9. Mapa de Conexión. CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación 309
7.10. Mapa de Conexión. AI161 IA Aplicada 320
7.11. Mapa de Conexión. CB1E1 Dibujo Técnico y CAD 324
7.12. Mapa de Conexión. MA112 Cálculo II 327
7.13. Mapa de Conexión. BFI101 Física I 331
7.14. Mapa de Conexión. ID101 Inglés I 336
7.15. Mapa de Conexión. BEF201 Ética y Filosofía Política 340
7.16. Mapa de Conexión. CE1M1 Estática 343
7.17. Mapa de Conexión. CE2C1 Tecnología de los Materiales 346
7.18. Mapa de Conexión. CB1E2 Dibujo de Ingeniería II 352
7.19. Mapa de Conexión. MA121 Algebra Lineal I 355
7.20. Mapa de Conexión. MA210 Cálculo III 357
7.21. Mapa de Conexión. BFI102 Física II 360
7.22. Mapa de Conexión. ID102 Inglés II 365
7.23. Mapa de Conexión. CE1M2 Dinámica 369
7.24. Mapa de Conexión. CE2C3 Tecnología del Concreto I 372
7.25. Mapa de Conexión. CE2M1 Mecánica de Materiales I 377
7.26. Mapa de Conexión. MA202 Métodos Numéricos 380
7.27. Mapa de Conexión. MA211 Cálculo IV 385
7.28. Mapa de Conexión. STA251 Estadística y Probabilidades 388
7.29. Mapa de Conexión. ID201 Inglés III 393
7.30. Mapa de Conexión. CE2G1 Mecánica de Suelos I 397
7.31. Mapa de Conexión. CE2H1 Mecánica de Fluidos I 400
7.32. Mapa de Conexión. MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias 407

7.33. Mapa de Conexión. ID202 Inglés IV . . . 409
7.34. Mapa de Conexión. CE2M2 Mecánica de Materials II . . . 413
7.35. Mapa de Conexión. CE2G2 Mecánica de Suelos II . . . 415
7.36. Mapa de Conexión. CE2T1 Geomática Básica . . . 419
7.37. Mapa de Conexión. CE3H1 Mecánica de Fluidos II . . . 423
7.38. Mapa de Conexión. ID203 Inglés V . . . 426
7.39. Mapa de Conexión. BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos . . . 430
7.40. Mapa de Conexión. CE2C6 Acondicionamiento Territorial . . . 435
7.41. Mapa de Conexión. CE2S1 Análisis Estructural I . . . 438
7.42. Mapa de Conexión. CE2S2 Concreto Armado I . . . 441
7.43. Mapa de Conexión. CE2S3 Diseño en Acero . . . 444
7.44. Mapa de Conexión. CE2T2 Geomática Aplicada . . . 447
7.45. Mapa de Conexión. CE2T3 Geodesia . . . 450
7.46. Mapa de Conexión. CE3G3 Geología Aplicada . . . 453
7.47. Mapa de Conexión. CE3H2 Hidrología General . . . 458
7.48. Mapa de Conexión. CE2C2 Tecnología de la Construcción I . . . 461
7.49. Mapa de Conexión. CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I . . . 465
7.50. Mapa de Conexión. CE2T4 Ingeniería de Transportes . . . 469
7.51. Mapa de Conexión. CE3G1 Dinámica de Suelos . . . 474
7.52. Mapa de Conexión. CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones . . . 478
7.53. Mapa de Conexión. CE3H4 Recursos Hidráulicos . . . 483
7.54. Mapa de Conexión. CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres . . . 489
7.55. Mapa de Conexión. CE3S5 Puentes y Obras de Arte . . . 492
7.56. Mapa de Conexión. CE3T1 Fotogrametría Aérea . . . 495
7.57. Mapa de Conexión. CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico . . . 498
7.58. Mapa de Conexión. CE3T3 Sistemas de Información Geográfica . . . 502
7.59. Mapa de Conexión. CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad . . . 505
7.60. Mapa de Conexión. BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria . . . 510
7.61. Mapa de Conexión. CE2C5 Planeamiento y programación de obras . . . 513
7.62. Mapa de Conexión. CE2T5 Diseño Vial . . . 516
7.63. Mapa de Conexión. CE3C15 Taller de Competencias Profesionales . . . 521
7.64. Mapa de Conexión. CE3C2 Tecnología de la Construcción II . . . 529
7.65. Mapa de Conexión. CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil . . . 534
7.66. Mapa de Conexión. CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental . . . 537
7.67. Mapa de Conexión. CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado . . . 540
7.68. Mapa de Conexión. CE3S1 Análisis Estructural II . . . 551
7.69. Mapa de Conexión. CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras . . . 555
7.70. Mapa de Conexión. CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales . . . 562
7.71. Mapa de Conexión. CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano . . . 570
7.72. Mapa de Conexión. CE402 Proyecto de final de carrera I . . . 575
7.73. Mapa de Conexión. BLW201 Legislación . . . 577
7.74. Mapa de Conexión. CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes . . . 584
7.75. Mapa de Conexión. CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia . . . 587
7.76. Mapa de Conexión. CE3G6 Presas de Tierra . . . 591
7.77. Mapa de Conexión. CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras . . . 596
7.78. Mapa de Conexión. CE3S9 Concreto Presforzado . . . 600
7.79. Mapa de Conexión. CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas . . . 603
7.80. Mapa de Conexión. CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción . . . 606
7.81. Mapa de Conexión. CE3G7 Taller de Competencias Profesionales . . . 611
7.82. Mapa de Conexión. CE3H5 Hidráulica Fluvial . . . 618
7.83. Mapa de Conexión. CE3H6 Irrigación e Hidroenergia . . . 622
7.84. Mapa de Conexión. CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología . . . 628
7.85. Mapa de Conexión. CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil . . . 631
7.86. Mapa de Conexión. CE3S12 Taller de Investigación . . . 635
7.87. Mapa de Conexión. CE3S2 Concreto Armado II . . . 640
7.88. Mapa de Conexión. CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera . . . 645

7.89. Mapa de Conexión. CE3T5 Planificación de Transporte 649
7.90. Mapa de Conexión. CE3T6 Ingeniería de Pavimentos 653
7.91. Mapa de Conexión. CE3T7 Puertos 657
7.92. Mapa de Conexión. CE3T9 Taller de Investigación 661
7.93. Mapa de Conexión. CE403 Proyecto de final de carrera II 666
7.94. Mapa de Conexión. CE2C7 Organización y Dirección de Empresas 668
7.95. Mapa de Conexión. CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos 674
7.96. Mapa de Conexión. CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente 678

Índice de cuadros

2.1. Lista de KUs del área de Mecánica y Materiales de Ingeniería. 13
2.2. Lista de KUs del área de Análisis y Diseño Estructural. 22
2.3. Lista de KUs del área de Ingeniería Geotécnica. 36
2.4. Lista de KUs del área de Geología General. 46
2.5. Lista de KUs del área de Ingeniería de Recursos Hídricos e Hidráulica. 52
2.6. Lista de KUs del área de Ingeniería Fluvial y de Ríos. 59
2.7. Lista de KUs del área de Ingeniería de Sistemas Ambientales. 61
2.8. Lista de KUs del área de Ingeniería y Gestión de la Construcción. 66
2.9. Lista de KUs del área de Tecnologías Digitales en Ingeniería Civil. 73
2.10. Lista de KUs del área de Infraestructura Sostenible y Resiliente. 78
2.11. Lista de KUs del área de Ingeniería de Instalaciones de Edificación. 83
2.12. Lista de KUs del área de Práctica Profesional y Liderazgo de Proyectos. 84

3.1. Lista de KUs del área de Ingeniería de Pavimentos y Vías. 92
3.2. Lista de KUs del área de Ingeniería de Diseño Geométrico. 94
3.3. Lista de KUs del área de Ingeniería de Transporte. 97
3.4. Lista de KUs del área de Ingeniería de Tránsito. 99
3.5. Lista de KUs del área de Ingeniería Aeroportuaria. 102
3.6. Lista de KUs del área de Ingeniería Ferroviaria. 104
3.7. Lista de KUs del área de Ingeniería Portuaria. 107
3.8. Lista de KUs del área de Topografía. 110
3.9. Lista de KUs del área de Geodesia. 112
3.10. Lista de KUs del área de Cartografía. 114
3.11. Lista de KUs del área de Fotogrametría. 116
3.12. Lista de KUs del área de Sistemas de Información Geográfica. 118
3.13. Lista de KUs del área de Teledetección. 119
3.14. Lista de KUs del área de Análisis y Modelación de Sistemas de Transporte. 121
3.15. Lista de KUs del área de Planificación Urbana y Regional del Transporte. 123
3.16. Lista de KUs del área de Política, Regulación y Gobernanza del Transporte. 125
3.17. Lista de KUs del área de Movilidad Sostenible y Resiliente. 127
3.18. Lista de KUs del área de Gestión de Proyectos y Práctica Profesional en Transporte. . 129

4.1. Lista de KUs del área de Cálculo y Análisis. 132
4.2. Lista de KUs del área de álgebra y Teoría de Números. 138
4.3. Lista de KUs del área de Modelado Matemático y Simulación. 139
4.4. Lista de KUs del área de Probabilidad y Estadística. 142
4.5. Lista de KUs del área de Análisis Numérico y Científico. 144
4.6. Lista de KUs del área de Fundamentos Matemáticos de la Ciencia de Datos. 148
4.7. Lista de KUs del área de Matemáticas Discretas y Combinatoria. 148
4.8. Lista de KUs del área de Biología Matemática y Ciencias de la Vida. 149
4.9. Lista de KUs del área de Matemáticas Financieras y Actuariales. 149
4.10. Lista de KUs del área de Mecánica Clásica. 150
4.11. Lista de KUs del área de Electromagnetismo. 156
4.12. Lista de KUs del área de Termodinámica y Mecánica Estadística. 160

4.13. Lista de KUs del área de Física de la Materia Condensada. 161
4.14. Lista de KUs del área de Química General. 163
4.15. Lista de KUs del área de Química Inorgánica. 166
4.16. Lista de KUs del área de Físico-Química. 167
4.17. Lista de KUs del área de Ciencia de Materiales y Nanotecnología. 168
4.18. Lista de KUs del área de Teoría de la Probabilidad. 170
4.19. Lista de KUs del área de Estadística Descriptiva y Análisis de Datos. 173
4.20. Lista de KUs del área de Inferencia Estadística. 173
4.21. Lista de KUs del área de Regresión y Modelos Estadísticos. 175

5.1. Lista de KUs del área de Principios de Gestión de Proyectos. 178
5.2. Lista de KUs del área de Interesados. 183
5.3. Lista de KUs del área de Equipo. 186
5.4. Lista de KUs del área de Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida. 189
5.5. Lista de KUs del área de Planificación. 192
5.6. Lista de KUs del área de Trabajo del Proyecto. 196
5.7. Lista de KUs del área de Entrega. 199
5.8. Lista de KUs del área de Medición. 202
5.9. Lista de KUs del área de Incertidumbre. 205

6.1. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 1er al 2do Semestre . . . 216
6.2. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 3er al 4to Semestre . . . 218
6.3. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 5to al 6to Semestre . . . 219
6.4. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 7mo Semestre 220
6.5. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 8vo Semestre 221
6.6. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 9no Semestre (Parte 1 de 3) 223
6.7. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 9no Semestre (Parte 2 de 3) 225
6.8. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 9no Semestre (Parte 3 de 3) 227
6.9. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 10mo Semestre (Parte 1 de 3) 229
6.10. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 10mo Semestre (Parte 2 de 3) 231
6.11. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 10mo Semestre (Parte 3 de 3) 232
6.12. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 1er al 2do Semestre 232
6.13. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 3er al 4to Semestre 233
6.14. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 5to al 6to Semestre 233
6.15. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 7mo Semestre 234
6.16. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 8vo Semestre (Parte 1 de 2) 235
6.17. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 8vo Semestre (Parte 2 de 2) 236
6.18. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 9no Semestre 237
6.19. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 10mo Semestre 239
6.20. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 1er al 2do Semestre (Parte 1 de 2) 242
6.21. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 1er al 2do Semestre (Parte 2 de 2) 243
6.22. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 3er al 4to Semestre (Parte 1 de 2) 244

6.23. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 3er al 4to Semestre (Parte 2 de 2) 246
6.24. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 5to al 6to Semestre 247
6.25. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 7mo Semestre 248
6.26. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 8vo Semestre 248
6.27. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 9no Semestre 249
6.28. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 10mo Semestre 250
6.29. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 1er al 2do Semestre 250
6.30. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 3er al 4to Semestre 250
6.31. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 5to al 6to Semestre 251
6.32. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 7mo Semestre 251
6.33. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 8vo Semestre . 252
6.34. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 9no Semestre . 252
6.35. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 10mo Semestre 253
6.36. Resultados esperados por curso 1er al 2do Semestre 254
6.37. Resultados esperados por curso 3er al 4to Semestre 255
6.38. Resultados esperados por curso 5to al 6to Semestre 255
6.39. Resultados esperados por curso 7mo Semestre 256
6.40. Resultados esperados por curso 8vo Semestre 256
6.41. Resultados esperados por curso 9no Semestre 257
6.42. Resultados esperados por curso 10mo Semestre 258
6.43. Distribución de créditos por área por semestre 264

Agradecimientos

Además de los autores directos de este documento, también deseamos dejar manifiesto de nuestro agradecimiento a otros colegas de diversas universidades del país y del mundo que gentilmente han aportado parte de su tiempo a darnos sus sugerencias.

De forma muy especial deseamos expresar nuestro agradecimiento al Patronato de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por su apoyo y auspicio en el desarrollo de esta propuesta de Malla Curricular, así como por su compromiso constante con la mejora de la formación académica de sus estudiantes.

Todo este equipo de trabajo asumió como premisa que el centro de nuestro esfuerzo, es la formación académica y humana de los estudiantes para formar agentes de cambio positivo y disruptivo en la sociedad.

A todos ellos deseamos agradecerles por su aporte que ha permitido generar este documento, único en su género en nuestro país, que servirá para sentar las bases de una carrera más sólida en esta área que nos ha tocado estudiar y de la cual nos sentimos orgullosos de formar parte: **Ingeniería**.

Abreviaturas

.

Capítulo 1

Introducción

La ingeniería civil ha experimentado un desarrollo fundamental y continuo desde los albores de la civilización, consolidándose como el pilar indispensable del progreso material de la humanidad. Esta disciplina es el motor del desarrollo de infraestructura, vivienda, transporte, saneamiento y energía, transformando de manera tangible y duradera nuestro entorno construido y la calidad de vida de las sociedades.

El ejercicio de la ingeniería civil ha marcado cada era de la historia, desde las primeras edificaciones hasta las megaconstrucciones contemporáneas que antes eran inimaginables. La continua evolución de sus métodos, materiales y tecnologías está transformando la concepción, el diseño, la construcción y la gestión de infraestructuras complejas. Su influencia es decisiva en el desarrollo urbano sostenible, la gestión de recursos hídricos, la resiliencia ante desastres naturales, la conectividad a través del transporte y la seguridad de las edificaciones en las que vivimos y trabajamos.

Para darnos una idea de la relevancia e importancia estratégica que esta disciplina tiene para el desarrollo de nuestro país, basta mencionar que la inversión en infraestructura es uno de los principales indicadores de crecimiento económico y competitividad a nivel global. La infraestructura construida por los ingenieros civiles constituye el soporte físico para todas las demás actividades productivas y sociales.

Si bien el núcleo de la profesión es claro y universal: la aplicación de principios científicos y técnicos para crear obras que sirvan al público, la formación académica en este campo puede presentarse bajo diferentes énfasis o nombres, como Ingeniería Civil con mención en Construccion, Estructuras, Hidráulica, Vialidad, Geotecnia, entre otros. Esta diversidad refleja la amplitud y especialización dentro de la propia disciplina. Sin embargo, resulta fundamental que exista un cuerpo de conocimiento central, sólido y compartido que garantice la competencia profesional y la seguridad pública, independientemente del énfasis curricular particular.

Históricamente, la ingeniería civil se desarrolló a partir de las prácticas constructivas militares y civiles, evolucionando hacia una disciplina científica formal durante la Revolución Industrial. En las universidades modernas, se consolidó como una rama independiente de la ingeniería, diferenciándose de la arquitectura y la ingeniería militar. Su reconocimiento académico se basa en un cuerpo de conocimiento profundo que integra matemáticas, física, mecánica, geología y ciencias de los materiales aplicados a problemas del mundo real.

En Peru, el desarrollo de infraestructura es una prioridad nacional que demanda profesionales de la ingeniería civil altamente capacitados, éticos e innovadores. Las instituciones de educación superior tienen el reto y la responsabilidad de formar a estos profesionales con los más altos estándares internacionales, respondiendo a los desafíos específicos del territorio y alineándose con las tendencias globales en sostenibilidad, digitalización y resiliencia.

La Ingeniería Civil reconoce esta necesidad imperante y asume el compromiso de liderar este esfuerzo formativo. No puede quedar al margen de este imperativo de excelencia y actualización, en el cual mantenerse a la vanguardia es una obligación para contribuir efectivamente al desarrollo nacional y al bienestar de la sociedad.

1.1. Definiciones básicas

La ingeniería, en su definición fundamental esla aplicación con fundamento de los conocimientos de las ciencias básicas para la utilización y transformación de los recursos y fuerzas de la naturaleza para el bien de la sociedad.

Según el Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú (Art. 1.01), es:

> la profesión que aplica con fundamento y responsabilidad los conocimientos científicos y tecnológicos logrados a través del estudio de la matemática superior y ciencias naturales (física, química, biología), que transforma la naturaleza a través de procesos productivos en beneficio de la humanidad, para satisfacer necesidades humanas, logrando concretar una idea en realidad.

La definición de Ingeniería establece tres pilares esenciales que caracterizan la ingeniería tradicional: una base científica sólida en matemática continua y ciencias naturales, la capacidad de transformar la naturaleza mediante procesos productivos, y la concreción de ideas en realidades tangibles y medibles.

Una distinción conceptual importante surge al contrastar el uso del término *ingeniero* en el idioma español versus el inglés.

En el contexto hispanoamericano, *ingeniero* es un título profesional que se confiere exclusivamente a quienes han completado una formación universitaria reglada y acreditada en ingeniería, bajo la supervisión de cuerpos colegiados de profesionales.

En cambio, en el ámbito anglosajón, la palabra *engineer* funciona frecuentemente como verbo (*to engineer*) sinónimo de *hacer, diseñar, crear, manufacturar, elaborar*, y como sustantivo denota el puesto laboral que ocupa una persona, independientemente de su título académico específico.

Esta diferencia semántica genera confusiones cuando se importan denominaciones laborales del inglés al contexto profesional nacional. Términos como *Process Engineer*, *QA Engineer*, *Cybersecurity Engineer*, *Artificial Intelligence Engineer* describen funciones y actividades específicas dentro de organizaciones, pero no corresponden necesariamente a profesionales titulados como ingenieros bajo la regulación tradicional.

En nuestro país, el ejercicio profesional de la ingeniería está vinculado al cumplimiento de requisitos académicos y legales específicos, y a la colegiatura activa, garantizando que quien se tenga ingeniero posea la formación científica-tecnológica requerida para transformar la naturaleza responsablemente.

Por tanto, es fundamental mantener la claridad en la denominación de las carreras de ingeniería, asegurando que respondan a la definición formal de Ingeniería recién citada.

Debemos formar profesionales capacitados para aplicar matemática superior y ciencias naturales en la transformación de la naturaleza, con independencia de las tendencias laborales o denominaciones anglosajonas que puedan generar ambigüedad en la identidad profesional.

1.2. Campo y mercado ocupacional

Nuestro egresado podrá prestar sus servicios profesionales en empresas e instituciones públicas y privadas que requieran sus capacidades en el diseño, construcción, operación y gestión de infraestructura, entre ellas:

- Consultoras y firmas de ingeniería nacionales e internacionales dedicadas al diseño de infraestructura resiliente y sostenible.
- Empresas constructoras y desarrolladoras inmobiliarias que ejecutan proyectos de edificación, transporte, hidráulica y energía.
- Entidades gubernamentales y municipales responsables de la planificación urbana, gestión de infraestructura pública y regulación técnica.
- Empresas de generación, transmisión y distribución de energía, especialmente en proyectos de energías renovables e infraestructura verde.
- Organizaciones dedicadas a la gestión de recursos hídricos, saneamiento ambiental y control de la contaminación.
- Empresas de logística, transporte y operación de puertos, aeropuertos y sistemas ferroviarios.
- Firmas especializadas en evaluación de riesgos, consultoría ambiental y auditoría técnica de infraestructura.

Nuestro egresado puede desempeñarse en un mercado laboral globalizado que valora cada vez más la integración de tecnologías digitales (BIM, GIS, IoT) con los principios fundamentales de la ingeniería civil. Si bien la demanda del mercado sigue requiriendo profesionales capaces de utilizar herramientas técnicas convencionales, nuestro programa forma creadores de soluciones que no solo aplican metodologías existentes, sino que desarrollan enfoques innovadores para enfrentar los desafíos complejos del siglo XXI: cambio climático, urbanización acelerada, escasez de recursos y demandas de infraestructura inteligente.

Debido a la formación basada en principios científicos sólidos y pensamiento amplio, nuestro profesional está preparado para ser un agente de transformación donde se desempeñe. Esta misma formación le permite considerar el emprendimiento en consultoría especializada, desarrollo de proyectos de infraestructura con enfoque sostenible, o incluso la creación de startups tecnológicas (conocidas como *Contech*) que desarrollen soluciones digitales para la industria de la construcción y gestión de activos.

Considerando la creciente demanda global de infraestructura de calidad, especialmente en economías emergentes, nuestros egresados tienen la oportunidad de participar en proyectos internacionales o de exportar servicios de ingeniería de alto valor agregado. La formación en estándares internacionales (ej. ABET) y herramientas digitales globales (BIM, modelado paramétrico) asegura que puedan competir en este escenario.

El campo ocupacional del ingeniero civil contemporáneo es extraordinariamente amplio y en constante evolución. Prácticamente todos los sectores productivos y de servicios dependen de infraestructura adecuada, y la formación integral de nuestros egresados—que combina fundamentos técnicos, sostenibilidad, gestión y tecnología digital—les permite responder exitosamente a estas demandas. Nuestros profesionales no solo resolverán problemas técnicos inmediatos, sino que propondrán innovaciones que impulsen la transición hacia infraestructuras más eficientes, resilientes y bajas en carbono.

A medida que avanza la digitalización de la industria de la construcción y la necesidad de adaptar la infraestructura al cambio climático, aumenta la demanda de profesionales capaces de integrar análisis de datos, modelación avanzada y principios de economía circular en sus proyectos. Nuestro plan de estudios está diseñado para satisfacer esta demanda tanto a nivel nacional como global, con visión a mediano y largo plazo.

El campo para la investigación aplicada y el desarrollo de soluciones tecnológicas en ingeniería civil es vasto y creciente a nivel mundial, abarcando desde materiales de construcción avanzados y técnicas de rehabilitación estructural, hasta sistemas de monitoreo inteligente y modelos de gestión integral del ciclo de vida de activos.

La capacidad innovadora y el enfoque ético de nuestro egresado aumentan la probabilidad de contribuir con patentes, publicaciones técnicas y estándares de mejores prácticas, fortaleciendo así el ecosistema de innovación en infraestructura de nuestro país y la región.

1.3. Importancia de la carrera en la sociedad

Una de las trayectorias esperadas para un profesional del área de Ingeniería Civil es dedicarse al diseño, construcción y gestión de infraestructura resiliente y sostenible. En el contexto del desarrollo nacional, es evidente que los países que aspiran a alcanzar un estatus de primer mundo han invertido en infraestructura de punta como un pilar fundamental. Así, nuestros egresados deben estar preparados para desenvolverse en el mercado local, nacional y mundo globalizado que nos ha tocado vivir.

Nuestros futuros profesionales también podrían crear empresas capaces de ejecutar proyectos de infraestructura a gran escala, impulsando la competitividad del país. Este nuevo perfil está enfocado en generar industria innovadora. Si somos capaces de planificar y construir infraestructura que cumpla con estándares internacionales, también estaremos en condiciones de atraer nuevas inversiones extranjeras. Dichas inversiones generarían más empleos bien remunerados y establecerían una base sólida para el crecimiento económico sostenible. Bajo esta perspectiva, podemos afirmar que esta carrera será un motor que impulsará al desarrollo del país de forma decisiva con una inversión estratégica.

Es importante recordar que las mayores innovaciones en infraestructura moderna—como las ciudades inteligentes, los ferrocarriles de alta velocidad, los sistemas sostenibles de gestión del agua y los edificios eficientes energéticamente—se basan en principios y tecnologías de ingeniería que han sido desarrollados y perfeccionados en el mundo académico y de investigación durante décadas. Es lógico pensar que la academia no debe limitarse a estudiar sólo la última versión de un software o equipo de

construcción específico, cuando la ciencia y tecnología fundamental detrás de ellos se conocen desde hace mucho tiempo. Por esta misma razón, es raro en el mundo ver que una universidad establezca convenios con una corporación multinacional para enseñar sólo sus herramientas propietarias, porque nuestra misión es generar ese conocimiento fundamental y capacidad de innovación **y no sólo saber usar herramientas existentes**.

Tampoco debemos olvidar que los alumnos que ingresan hoy saldrán al mercado dentro de aproximadamente 5 años, y en un mundo que cambia tan rápido, no podemos ni debemos enseñarles considerando solamente el mercado actual. Nuestros profesionales deben estar preparados para resolver los problemas de infraestructura que existirán en 10 o 15 años—problemas relacionados con la adaptación climática, el crecimiento poblacional, la escasez de recursos y la integración digital—y eso sólo es posible a través de una base sólida en ciencia, investigación y pensamiento amplio.

El desarrollo de infraestructura estratégica es clave para la integración nacional y la competitividad internacional. Proyectos como la construcción de autopistas transversales que conecten todo el país no solo reducen los tiempos de transporte, sino que también facilitan el acceso a mercados, impulsan el desarrollo regional y fomentan la cohesión social. Igualmente, la implementación de trenes de alta velocidad representa un salto cualitativo en la movilidad sostenible, conectando ciudades principales de manera eficiente, segura y con bajo impacto ambiental, lo que dinamiza las economías locales y mejora la calidad de vida de la población.

En la era digital, la infraestructura física es complementada por infraestructura tecnológica crítica. El desarrollo de centros de datos de alto rendimiento y resilientes requiere no solo de energía confiable y sistemas de refrigeración avanzados, sino también de infraestructura civil especializada que garantice su seguridad física, conectividad de fibra óptica y capacidad para soportar desastres naturales. Estos centros son el núcleo de la conectividad nacional y global, permitiendo el almacenamiento y procesamiento masivo de datos que impulsan la economía digital, los servicios públicos modernos y la innovación tecnológica en todos los sectores.

Una infraestructura de alta calidad no es meramente una consecuencia del desarrollo; es un requisito previo y un catalizador. Conecta regiones, facilita el comercio, mejora la calidad de vida, garantiza la seguridad pública y permite la provisión eficiente de servicios esenciales. Un país con infraestructura de primer mundo atrae talento, fomenta la innovación y se posiciona como un socio confiable en la economía global. Por lo tanto, formar ingenieros civiles con una visión global, sostenible y tecnológica es una inversión en la misma base de la prosperidad futura y la soberanía de nuestra nación.

1.4. Información institutional

1.4.1. Misión

Por lo antes mencionado, nuestra misión es:

Formar profesionales líderes en Ingeniería Civil, con sólidas competencias en ciencias y tecnología; comprometidos con el desarrollo sostenible y resiliente de la infraestructura nacional -carreteras, ferrocarriles, puentes, sistemas de agua y saneamiento, y edificaciones- y con la gestión del riesgo de desastres frente a inundaciones, sequías, sismos y tsunamis, con solvencia técnica y ética, reconociendo que esta infraestructura es la base indispensable para la conectividad, la competitividad económica y la calidad de vida de un país.

1.4.2. Visión

- Queremos ser una carrera profesional acreditada con estándares internacionales que cuente con el reconocimiento en función de la calidad y competitividad de sus docentes y egresados.
- Queremos ser una carrera que trascienda por la relevancia y pertinencia de sus proyectos de investigación básica y aplicada.
- Buscamos ser una carrera que promueva el desarrollo tecnológico e industrial relacionado a Ingeniería Civil a nivel internacional, incorporando a sus egresados a la industria ya establecida o generando nuevas empresas en este mismo rubro.
- Queremos ser una carrera que comparta y difunda el conocimiento con todos los sectores de la población y contribuya a la solución de los problemas estratégicos de nuestra sociedad.

1.5. Información de acreditacion

1.5.1. Resultados de la carrera *Outcomes*

Al finalizar esta carrera, el(la) egresado(a), habrá logrado los siguientes resultados (*Outcomes*):

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias.

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos.

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones.

ABET-7) Habilidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.

Las competencias y/o resultados propuestas en esta malla curricular corresponden a las competencias y/o resultados propuestas por ABET.

1.5.2. Objetivos educacionales

Después de cinco años de egresado de la carrera profesional de Ingeniería Civil, nuestros profesionales deben ser capaces de:

1. Diseñar, construir y gestionar infraestructura sostenible que cumpla normas técnicas y de seguridad, superando expectativas del sector.
2. Liderar equipos multidisciplinarios en proyectos complejos con gestión moderna y comunicación efectiva.
3. Implementar soluciones innovadoras integrando tecnologías digitales y principios de sostenibilidad.
4. Comunicar propuestas técnicas y resultados a diversas audiencias con claridad y precisión.
5. Adaptarse continuamente a nuevas normas, tecnologías y metodologías mediante educación permanente.
6. Ejercer la profesión con responsabilidad ética, social y ambiental, priorizando el bien público.
7. Contribuir al avance profesional mediante participación en sociedades técnicas y desarrollo de mejores prácticas.

1.5.3. Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)

Cada KU dentro de un KA enumera tanto un conjunto de temas como los resultados de aprendizaje (*Learning Outcomes*) que los estudiantes deben alcanzar en lo que respecta a los temas especificados. Los resultados de aprendizaje no son de igual tamaño y no tienen una asignación uniforme de horas curriculares; temas con el mismo número de horas pueden tener muy diferentes números de resultados de aprendizaje asociados.

Cada resultado de aprendizaje tiene un nivel asociado de dominio. En la definición de los diferentes niveles tomamos como referencia otros enfoques curriculares, especialmente la taxonomía de Bloom, que ha sido bien explorada dentro de la Ingeniería Civil. En este documento no se aplicaron

directamente los niveles de Bloom en parte porque varios de ellos están determinados por el contexto pedagógico, lo que introduciría demasiada pluralidad en un documento de este tipo; y en parte porque los niveles de dominio pretenden ser indicativos y no imponer restricciones teóricas sobre los usuarios de este documento.

Nosotros usamos tres niveles de dominio esperados, que son:

Nivel 1 Familiarizarse(*Familiarity*) : El estudiante **comprende** un concepto básicamente. Responde: **¿Qué sabe sobre esto?**

Nivel 2 Usar(*Usage*) : El estudiante **aplica** conceptos en situaciones prácticas (ej: programación). Responde: **¿Cómo lo haría?**

Nivel 3 Evaluar(*Assessment*) : El estudiante **evalúa y justifica** enfoques. Responde: **¿Por qué este método?**

Por ejemplo, para evaluar los niveles de dominio, consideremos la noción de selección de materiales en proyectos de ingeniería. En el plano de la "familiaridad", se espera que un estudiante conozca los tipos de materiales disponibles (metales, polímeros, cerámicos, compuestos), sus propiedades generales y comprenda por qué esta selección es crucial para el éxito de cualquier proyecto.

Con el fin de mostrar el dominio del nivel "Uso", el estudiante debe ser capaz de aplicar criterios técnicos para seleccionar materiales en casos sencillos, utilizando tablas de propiedades, normas técnicas y considerando factores como resistencia, costo y disponibilidad.

En el nivel de "Evaluación", se requeriría que el estudiante analice múltiples alternativas de materiales para un proyecto complejo, considerando no solo propiedades mecánicas sino también impacto ambiental, sostenibilidad, ciclo de vida, normativa vigente y contexto socioeconómico, para seleccionar la opción óptima justificando su decisión con un enfoque integral y ético.

1.6. Perfiles

1.6.1. Perfil del estudiante

El aspirante a ingresar a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) debe tener:

Conocimientos de:

1. Conceptos fundamentales de matemáticas (álgebra, geometría, trigonometría, cálculo).
2. Principios básicos de física y química aplicables a sistemas ingenieriles.
3. Nociones elementales de estadística para el análisis de datos.
4. Contexto socioeconómico y ambiental de su entorno local y global.

Habilidades para:

1. Analizar problemas complejos, identificar sus componentes y relaciones causa-efecto.
2. Aplicar razonamiento lógico-matemático para modelar y resolver situaciones prácticas.
3. Interpretar información técnica, gráficos y datos cuantitativos con precisión.
4. Expresar ideas técnicas de manera clara y estructurada, tanto oral como escrita.
5. Trabajar de manera metódica y perseverante en la resolución de problemas desafiantes.
6. Sintetizar información de diversas fuentes y generar conclusiones fundamentadas.
7. Adaptar métodos de estudio y aprendizaje a contenidos técnicos y abstractos.
8. Colaborar efectivamente en equipos de trabajo.

Actitudes de:

1. Interés genuino por la aplicación práctica de las ciencias para crear soluciones técnicas.
2. Disposición para el aprendizaje activo, la experimentación y la innovación.
3. Responsabilidad hacia el impacto social, ambiental y ético de la tecnología.
4. Curiosidad intelectual y apertura al aprendizaje continuo y multidisciplinario.

1.6.2. Perfil del graduado

El graduado del Programa Profesional de Ingeniería Civil es capaz de:

1. Diseñar, analizar y dimensionar estructuras de concreto, acero y madera aplicando principios de mecánica de sólidos, dinámica estructural y normativas vigentes (E.060, E.090, AISC) para garantizar seguridad y serviciabilidad.
2. Planificar, programar y controlar proyectos de infraestructura utilizando metodologías modernas (PMBOK, Lean Construction, BIM), optimizando recursos, costos y plazos en todas las etapas del ciclo de vida.
3. Evaluar propiedades mecánicas y comportamiento de suelos, rocas y materiales de construcción, diseñando cimentaciones superficiales y profundas que garanticen estabilidad bajo cargas estáticas y sísmicas.
4. Modelar y diseñar sistemas de abastecimiento de agua, drenaje urbano, redes de alcantarillado y estructuras hidráulicas, considerando demandas hidrológicas, calidad del agua y gestión de riesgos.
5. Gestionar obras de construcción, coordinando equipos multidisciplinarios, supervisando calidad, seguridad ocupacional y cumplimiento de especificaciones técnicas y ambientales.
6. Aplicar principios de ingeniería de transporte en el diseño de vías, intersecciones y sistemas de tránsito, optimizando flujos viales y analizando impactos en movilidad urbana.
7. Integrar criterios de sostenibilidad, economía circular y mitigación de cambio climático en el diseño de infraestructuras resilientes, evaluando impacto ambiental y huella de carbono.
8. Utilizar software especializado (SAP2000, ETABS, AutoCAD Civil 3D, Revit, Plaxis) para modelado estructural, diseño geotécnico, gestión de proyectos y documentación técnica.
9. Comunicar propuestas técnicas mediante planos constructivos, informes de diseño, memoriales de cálculo y presentaciones a entidades regulatorias, clientes y comunidades.
10. Continuar estudios de especialización en estructuras, geotecnia, gestión de proyectos o ingeniería sostenible, liderando innovación en infraestructura crítica a nivel nacional.

1.6.3. Perfil Profesional

El profesional en Ingeniería Civil tiene las siguientes características:

- Diseñar estructuras de concreto, acero y madera aplicando normativas vigentes para garantizar seguridad y serviciabilidad.
- Planificar y gestionar proyectos de infraestructura usando metodologías modernas (PMBOK, BIM) optimizando recursos y costos.
- Evaluar propiedades de suelos y diseñar cimentaciones que garanticen estabilidad bajo cargas estáticas y sísmicas.
- Modelar sistemas hidráulicos de abastecimiento y drenaje, considerando demandas hidrológicas y gestión de riesgos.
- Gestionar obras de construcción, coordinando equipos y supervisando calidad, seguridad y cumplimiento normativo.
- Aplicar ingeniería de transporte en diseño de vías, intersecciones y optimización de flujos viales urbanos.
- Integrar criterios de sostenibilidad y economía circular en infraestructuras resilientes evaluando impacto ambiental.
- Utilizar software especializado (SAP2000, ETABS, Civil 3D, Revit) para modelado estructural y gestión de proyectos.
- Comunicar propuestas técnicas mediante planos, informes y presentaciones a entidades regulatorias y comunidades.
- Continuar estudios de especialización en estructuras, geotecnia o gestión de proyectos liderando innovación en infraestructura.

1.6.4. Perfil del docente

El docente de la carrera de Ingeniería Civil es una persona que:

- Promueve la formación integral del estudiante mediante la enseñanza, investigación y extensión, transmitiendo conocimientos sólidos con claridad y simplicidad.
- Fomenta la investigación y el aprendizaje continuo para que los estudiantes se adapten a los avances del área y busquen el bien común de individuos, organizaciones y sociedad.

- En el caso particular de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), fomentar que los proyectos de investigación se orienten a la solución de problemas de la población más vulnerable.
- Mantiene formación académica avanzada de calidad, con estudios a tiempo completo, buscando la excelencia académica a nivel internacional.
- Publica investigaciones en eventos internacionales y revistas indexadas de alto impacto, contribuyendo al avance del conocimiento y manteniéndose actualizado.
- Establece redes de cooperación con instituciones de nivel internacional, enriqueciendo la experiencia educativa.
- Participa activamente en la formación e integración del estudiante a la comunidad académica , promoviendo la exigencia continua y rigor académico.

1.7. Grados y Títulos

Cumplida la aprobación de los créditos académicos propuestos en la malla curricular y luego de haber cumplido con los requisitos estipulados en el reglamento de grados y títulos de la carrera, el egresado recibirá:

Grado Académico: Bachiller en Ingeniería Civil y

Titulo Profesional: Ingeniería Civil

1.8. Recursos para dictado de clases

Un profesional innovador debe estar al tanto de los últimos avances de su área siempre. Los últimos avances de esta disciplina no siempre se encuentran disponibles en libros tradicionales. Debemos utilizar publicaciones de revistas indexadas de circulación mundial como fuente primaria de conocimiento actualizado.

Por esa razón, tomamos como base la suscripción institucional a bases de datos especializadas como IEEE, Scopus, Web of Science y otras sociedades profesionales relevantes para cada campo de la ingeniería. Es recomendado que el docente use este material para discutir en clase las tendencias, innovaciones y desarrollos de vanguardia en todas las áreas de la especialidad.

La infraestructura de laboratorios también debe ser actualizada de acuerdo al avance tecnológico propio de cada disciplina y esto implica renovaciones constantes para poder garantizar que los estudiantes desarrollen competencias prácticas alineadas con los estándares profesionales vigentes.

El recurso físico en cuanto a laboratorios para cada curso está detallado en el Capítulo 10.

1.9. Organización del documento

El resto de este documento está organizado de la siguiente forma: el Capítulo 1, define y explica el campo de acción de la Ingeniería Civil, además se hace una muy breve explicación de las distintas carreras relacionadas a esta disciplina. .

En el Capítulo 2, presentamos las áreas de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*), indicando los tópicos y objetivos de aprendizaje de cada temas,

En el Capítulo 3, presentamos las áreas de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*), indicando los tópicos y objetivos de aprendizaje de cada temas,

En el Capítulo 4, presentamos las áreas de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*), indicando los tópicos y objetivos de aprendizaje de cada temas,

En el Capítulo 5, presentamos las áreas de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*), indicando los tópicos y objetivos de aprendizaje de cada temas,

El Capítulo 6 contiene la distribución por semestres, por áreas, por niveles, visión gráfica de la malla curricular, comparación con las diversas propuestas internacionales, distribución de tópicos por curso así como la distribución de habilidades por materia.

El Capítulo 7 contiene información detallada para cada uno de los cursos incluyendo las habilidades con las cuales contribuye, bibliografía por cada unidad así como el número de horas mínimas por cada unidad.

En el Capítulo 8 podemos observar un listado de cursos por profesor y de profesor por curso.

En el Capítulo 9 se presentan las tablas de equivalencias con otros planes curriculares.

En el Capítulo 10 se presenta una sugerencia de los laboratorios requeridos para el dictado de clases las mismas que podrían variar de acuerdo al volumen de alumnos que se tenga.

Capítulo 2

Cuerpo del conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*)

Las 12 áreas de conocimiento en Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) son:

2.1 Mecánica y Materiales de Ingeniería (EMM) (Pág. 12)
- 2.1.1 Ciencia de Materiales de Construcción (Pág. 13)
- 2.1.2 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (Pág. 14)
- 2.1.3 Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados (Pág. 14)
- 2.1.4 Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos (Pág. 15)
- 2.1.5 Transporte y Colocación del Concreto (Pág. 15)
- 2.1.6 Control Estadístico de la Calidad del Concreto (Pág. 16)
- 2.1.7 Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión (Pág. 17)
- 2.1.8 Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción (Pág. 17)
- 2.1.9 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (Pág. 18)
- 2.1.10 Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción (Pág. 19)
- 2.1.11 Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos (Pág. 19)
- 2.1.12 Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos (Pág. 19)
- 2.1.13 Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción (Pág. 20)
- 2.1.14 Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Pág. 20)
- 2.1.15 Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Pág. 20)
- 2.1.16 Introducción a las Vibraciones Estructurales (Pág. 21)

2.2 Análisis y Diseño Estructural (SAD) (Pág. 21)
- 2.2.1 Análisis Estructural I (Pág. 22)
- 2.2.2 Métodos de Energía para el Análisis Estructural (Pág. 23)
- 2.2.3 Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas (Pág. 23)
- 2.2.4 Método de las Pendientes y Deflexiones (Pág. 24)
- 2.2.5 Método de Distribución de Momentos (Cross) (Pág. 24)
- 2.2.6 Análisis Estructural Matricial (Pág. 24)
- 2.2.7 Sismología y Desastres Naturales (Pág. 24)
- 2.2.8 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (Pág. 25)
- 2.2.9 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (Pág. 25)
- 2.2.10 Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (Pág. 26)
- 2.2.11 Diseño de Concreto Armado (Pág. 27)
- 2.2.12 Diseño de Escaleras de Concreto Armado (Pág. 27)
- 2.2.13 Detalles Sísmicos de Concreto Armado (Pág. 27)
- 2.2.14 Análisis de Concreto Presforzado (Pág. 28)
- 2.2.15 Diseño de Concreto Presforzado (Pág. 28)
- 2.2.16 Proyecto Integrador de Diseño Estructural (Pág. 28)
- 2.2.17 Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión (Pág. 29)
- 2.2.18 Diseño de Elementos de Acero a Flexión (Pág. 29)
- 2.2.19 Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos (Pág. 29)
- 2.2.20 Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura (Pág. 30)
- 2.2.21 Diseño de Estructuras de Mampostería (Pág. 30)
- 2.2.22 Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (Pág. 31)
- 2.2.23 Diseño de Estructuras de Adobe (Pág. 31)
- 2.2.24 Diseño de Superestructura de Puentes (Pág. 31)
- 2.2.25 Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales (Pág. 32)
- 2.2.26 Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural (Pág. 32)
- 2.2.27 Naturaleza y Caracterización de las Cargas en Infraestructura Existente (Pág. 33)
- 2.2.28 Comportamiento No Lineal de Estructuras (Pág. 33)
- 2.2.29 Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural (Pág. 34)
- 2.2.30 Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques (Pág. 34)
- 2.2.31 Análisis Estructural Avanzado (Pág. 35)

2.3 Ingeniería Geotécnica (GTE) (Pág. 35)
- 2.3.1 Relaciones de Fase y Filtración (Pág. 36)
- 2.3.2 Resistencia al Corte y Consolidación (Pág. 36)
- 2.3.3 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (Pág. 37)
- 2.3.4 Capacidad Portante y Diseño (Pág. 38)
- 2.3.5 Cimentaciones Profundas (Pág. 38)
- 2.3.6 Sistemas de Retención de Tierra (Pág. 39)
- 2.3.7 Análisis y Estabilización de Taludes (Pág. 39)
- 2.3.8 Ingeniería Geotécnica Sísmica (Pág. 40)
- 2.3.9 Técnicas de Mejoramiento de Suelos (Pág. 41)
- 2.3.10 Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación (Pág. 41)
- 2.3.11 Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones (Pág. 42)
- 2.3.12 Presas de Tierra (Pág. 42)
- 2.3.13 Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra (Pág. 43)
- 2.3.14 Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos (Pág. 43)
- 2.3.15 Instrumentación y Monitoreo de Presas (Pág. 44)
- 2.3.16 Construcción de Presas de Tierra (Pág. 44)
- 2.3.17 Operación y Gestión de la Seguridad de Presas (Pág. 45)
- 2.3.18 Geosintéticos para Ingeniería Geotécnica (Pág. 45)

2.4 Geología General (GGL) (Pág. 45)
- 2.4.1 Mineralogía (Pág. 46)

- 2.4.2 Petrología y el Ciclo de las Rocas (Pág. 46)
- 2.4.3 Geología Estructural (Pág. 47)
- 2.4.4 Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (Pág. 47)
- 2.4.5 Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica (Pág. 48)
- 2.4.6 Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos (Pág. 48)
- 2.4.7 Geología Aplicada (Pág. 49)
- 2.4.8 Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada (Pág. 49)
- 2.4.9 Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica (Pág. 50)
- 2.4.10 Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción (Pág. 50)
- 2.4.11 Geología Aplicada a Carreteras y Canales (Pág. 50)
- 2.4.12 Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas (Pág. 51)
- 2.4.13 Peligros Geológicos y Movimientos de Masa (Pág. 51)

2.5 Ingeniería de Recursos Hídricos e Hidráulica (WRH) (Pág. 52)

- 2.5.1 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (Pág. 52)
- 2.5.2 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (Pág. 53)
- 2.5.3 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (Pág. 53)
- 2.5.4 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (Pág. 53)
- 2.5.5 Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (Pág. 54)
- 2.5.6 Diseño de Estructuras Hidráulicas (Pág. 54)
- 2.5.7 Sistemas de Agua Urbanos (Pág. 55)
- 2.5.8 Hidrología Subterránea (Pág. 55)
- 2.5.9 Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (Pág. 56)
- 2.5.10 Demanda Agrícola de Agua (Pág. 56)
- 2.5.11 Diseño de Sistemas de Riego (Pág. 57)
- 2.5.12 Drenaje Agrícola y Subsuperficial (Pág. 57)
- 2.5.13 Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala (Pág. 58)
- 2.5.14 Ingeniería Costera y de Planicies de Inundación (Pág. 58)

2.6 Ingeniería Fluvial y de Ríos (RIV) (Pág. 59)

- 2.6.1 Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales (Pág. 59)
- 2.6.2 Socavación y Morfología Fluvial (Pág. 59)
- 2.6.3 Ingeniería Fluvial (Pág. 60)

2.7 Ingeniería de Sistemas Ambientales (ESE) (Pág. 60)

- 2.7.1 Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (Pág. 61)
- 2.7.2 Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (Pág. 62)
- 2.7.3 Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación (Pág. 62)
- 2.7.4 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (Pág. 63)
- 2.7.5 Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres (Pág. 64)
- 2.7.6 Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua (Pág. 64)
- 2.7.7 Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos (Pág. 65)

2.8 Ingeniería y Gestión de la Construcción (CEM) (Pág. 66)

- 2.8.1 Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción (Pág. 66)
- 2.8.2 Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D) (Pág. 67)
- 2.8.3 Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción (Pág. 67)
- 2.8.4 Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción (Pág. 68)
- 2.8.5 Reajuste de Precios y Valorizaciones (Pág. 68)
- 2.8.6 Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción (Pág. 69)
- 2.8.7 Contratos, Especificaciones y Derecho de la Construcción (Pág. 69)
- 2.8.8 Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD) (Pág. 70)
- 2.8.9 Trazo y Replanteo de Obras (Pág. 71)
- 2.8.10 Encofrados y Sistemas de Apuntalamiento (Pág. 71)
- 2.8.11 Fierrería y Armado de Acero de Refuerzo (Pág. 71)
- 2.8.12 Gestión de Obra y Campo (Pág. 72)
- 2.8.13 Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad (Pág. 73)

2.9 Tecnologías Digitales en Ingeniería Civil (DTC) (Pág. 73)

- 2.9.1 Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores (Pág. 74)
- 2.9.2 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos (Pág. 74)
- 2.9.3 Aplicaciones de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Ingeniería Civil (Pág. 75)
- 2.9.4 Gemelos Digitales para Gestión del Ciclo de Vida de Infraestructura (Pág. 76)
- 2.9.5 Ingeniería Geoespacial (Pág. 76)
- 2.9.6 Análisis de Datos, Visualización e Informática para Sistemas Civiles (Pág. 77)
- 2.9.7 Automatización, Robótica y Fabricación Aditiva (Impresión 3D) en Construcción (Pág. 77)

2.10 Infraestructura Sostenible y Resiliente (SRI) (Pág. 78)

- 2.10.1 Principios Fundamentales de Sostenibilidad y Triple Resultado (Pág. 79)
- 2.10.2 Eficiencia de Recursos y Economía Circular (Pág. 79)
- 2.10.3 Dimensiones Social, Económica y de Gobernanza de la Infraestructura Sostenible (Pág. 79)
- 2.10.4 Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático (Pág. 79)
- 2.10.5 Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (Pág. 80)
- 2.10.6 Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) y Contabilidad de Carbono Incorporado (Pág. 81)
- 2.10.7 Soluciones basadas en la Naturaleza y Desarrollo de Bajo Impacto (Pág. 81)
- 2.10.8 Infraestructura Energética e Integración de Energía Renovable (Pág. 82)

2.11 Ingeniería de Instalaciones de Edificación (BSE) (Pág. 83)

- 2.11.1 Sistema de Agua en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Pág. 83)
- 2.11.2 Sistema de Evacuación de Aguas en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Pág. 83)
- 2.11.3 Instalaciones Eléctricas de Edificación (Pág. 84)

2.12 Práctica Profesional y Liderazgo de Proyectos (PPL) (Pág. 84)

- 2.12.1 ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional (Pág. 85)
- 2.12.2 Comunicación Escrita y Redacción Técnica (Pág. 85)
- 2.12.3 Presentación Oral y Comunicación Profesional (Pág. 85)
- 2.12.4 Comunicación Digital y Colaborativa (Pág. 86)
- 2.12.5 Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas) (Pág. 86)
- 2.12.6 Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (Pág. 87)
- 2.12.7 Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios (Pág. 87)
- 2.12.8 Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales (Pág. 88)
- 2.12.9 Contexto Profesional y Normativo (Pág. 89)
- 2.12.10 Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente (Pág. 89)

2.1. Mecánica y Materiales de Ingeniería (EMM)

Esta área de conocimiento cubre los principios fundamentales de la mecánica, la ciencia de materiales y el comportamiento estructural esenciales para el diseño en ingeniería civil. Abarca las propiedades de los materiales, el análisis de la microestructura, el comportamiento mecánico bajo diversas condiciones de carga y las metodologías de aseguramiento de la calidad.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.1.1 Ciencia de Materiales de Construcción (Pág. 13)	1	1
⭐ 2.1.2 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (Pág. 14)	1	1
⭐ 2.1.3 Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados (Pág. 14)	1	1
⭐ 2.1.4 Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos (Pág. 15)	1	1
⭐ 2.1.5 Transporte y Colocación del Concreto (Pág. 15)	1	1
⭐ 2.1.6 Control Estadístico de la Calidad del Concreto (Pág. 16)	1	1
⭐ 2.1.7 Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión (Pág. 17)	1	1
⭐ 2.1.8 Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción (Pág. 17)	1	1
⭐ 2.1.9 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (Pág. 18)	1	1
⭐ 2.1.10 Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción (Pág. 19)	1	1
⭐ 2.1.11 Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos (Pág. 19)	1	1
⭐ 2.1.12 Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos (Pág. 19)	1	1
⭐ 2.1.13 Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción (Pág. 20)	1	1
⭐ 2.1.14 Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Pág. 20)	1	1
⭐ 2.1.15 Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Pág. 20)	1	1
⭐ 2.1.16 Introducción a las Vibraciones Estructurales (Pág. 21)	1	1

Cuadro 2.1: Lista de KUs del área de Mecánica y Materiales de Ingeniería.

2.1.1. EMM/Ciencia de Materiales de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Comprensión fundamental de las propiedades de los materiales de construcción, sus características microestructurales y su desempeño en cuanto a durabilidad bajo condiciones ambientales y de carga.
Temas:
Core

- Propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, incluyendo densidad, porosidad, resistencia y elasticidad
- Microestructura y composición de fases de los materiales de construcción
- Mecanismos de durabilidad, incluyendo intemperismo, ataque químico y degradación ambiental

- Propiedades térmicas e higrotérmicas de los materiales de construcción
- Estructuras cristalinas y amorfas en los materiales de construcción
- Criterios de selección de materiales basados en requisitos de desempeño
- Mecanismos de degradación y predicción de la vida útil

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las propiedades físicas y mecánicas fundamentales de los principales materiales de construcción [Familiarizarse]
2. Analizar la relación entre la microestructura y las propiedades macroscópicas de los materiales [Evaluar]
3. Evaluar el desempeño en durabilidad de los materiales bajo condiciones ambientales específicas [Usar]
4. Explicar los efectos de las variaciones térmicas e higrotérmicas en el comportamiento de los materiales [Familiarizarse]
5. Seleccionar materiales de construcción apropiados basándose en especificaciones de diseño y criterios de desempeño [Evaluar]
6. Predecir la vida útil y los patrones de degradación de los materiales en diversos entornos [Usar]

2.1.2. EMM/Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis de esfuerzos, deformaciones, deformación y modos de falla en elementos estructurales bajo diversas condiciones de carga, incluyendo carga axial, flexión, torsión y cargas combinadas.

Temas:

Core

- Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales
- Carga axial y deformación de elementos
- Torsión de secciones circulares y no circulares
- Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas
- Distribución del esfuerzo cortante en vigas
- Carga combinada y transformación de esfuerzos
- Pandeo de columnas y análisis de estabilidad
- Mecánica de fatiga y fractura
- Comportamiento elástico y plástico de los materiales
- Métodos energéticos para análisis estructural

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse]
2. Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar]
3. Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar]
4. Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar]
5. Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar]
6. Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar]
7. Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar]
8. Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse]
9. Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar]
10. Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]

2.1.3. EMM/Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios del diseño de mezclas de concreto, propiedades del concreto fresco y endurecido, aditivos, concretos especiales y materiales cementantes emergentes.

Temas:

Core

- Química del cemento Portland y proceso de hidratación
- Propiedades de los agregados y requisitos de gradación
- Metodología de diseño de mezclas para concreto de resistencia normal
- Propiedades del concreto fresco, incluyendo trabajabilidad, revenimiento y tiempo de fraguado
- Propiedades del concreto endurecido, incluyendo resistencia, módulo de elasticidad y contracción
- Aditivos químicos y minerales para el concreto
- Diseño de concreto de alto desempeño y alta resistencia
- Concreto autocompactante y concreto reforzado con fibras
- Aspectos de durabilidad, incluyendo reacción álcali-sílice, ataque por sulfatos y ciclos de congelación-descongelación
- Tecnologías de concreto sostenible y de bajo carbono

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir la química del cemento Portland y el proceso de hidratación [Familiarizarse]
2. Evaluar la calidad y la idoneidad de los agregados para la producción de concreto [Evaluar]

3. Diseñar mezclas de concreto para cumplir con requisitos específicos de resistencia y trabajabilidad [Usar]
4. Probar e interpretar las propiedades del concreto fresco utilizando procedimientos estándar [Evaluar]
5. Predecir las propiedades del concreto endurecido basándose en las proporciones de la mezcla y las condiciones de curado [Usar]
6. Explicar la función y los efectos de varios aditivos para concreto [Familiarizarse]
7. Formular mezclas de concreto de alto desempeño para aplicaciones demandantes [Usar]
8. Seleccionar concretos especiales apropiados para escenarios de construcción específicos [Evaluar]
9. Incorporar materiales cementantes suplementarios para optimizar el desempeño del concreto [Usar]
10. Analizar riesgos de durabilidad y especificar medidas de protección para estructuras de concreto [Evaluar]
11. Comparar los impactos ambientales y las huellas de carbono de diferentes formulaciones de concreto [Familiarizarse]

2.1.4. EMM/Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Tipos de concreto especial para condiciones de construcción particulares, incluyendo concreto en clima cálido y frío, concreto ligero, concreto proyectado y concreto de alta durabilidad para entornos agresivos.

Temas:

Core

- Concreto en clima cálido: efectos del calor en la hidratación, retardadores y métodos de curado
- Concreto en clima frío: protección contra congelamiento, aceleradores y métodos de protección
- Concreto ligero estructural: materiales, propiedades y diseño de mezcla
- Concreto en masa y concreto pesado: control del calor de hidratación y aplicaciones
- Concreto proyectado (shotcrete): mezclas, proceso de aplicación y control de calidad
- Concreto para estructuras subacuáticas: mezclas antilavado y métodos de colocación
- Concreto permeable y concreto arquitectónico: propiedades y aplicaciones

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar los efectos del clima cálido y frío sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido [Familiarizarse]
2. Aplicar medidas preventivas y correctivas para la producción y colocación de concreto en condiciones climáticas adversas [Usar]
3. Seleccionar el tipo de concreto especial adecuado según los requerimientos funcionales y ambientales del proyecto [Evaluar]
4. Diseñar mezclas de concreto ligero que cumplan con los requerimientos de resistencia y densidad especificados [Usar]
5. Especificar procedimientos de mezcla, transporte y colocación de concreto proyectado para aplicaciones en túneles y taludes [Usar]
6. Evaluar la idoneidad de concretos especiales para condiciones de exposición extrema [Evaluar]
7. Desarrollar especificaciones para concreto en condiciones de temperatura extrema siguiendo normas ACI 305 y ACI 306 [Usar]

2.1.5. EMM/Transporte y Colocación del Concreto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos de transporte, colocación, compactación y acabado del concreto fresco, incluyendo el uso de camiones mezcladores, bombas y sistemas de fajas transportadoras, con procedimientos normalizados para garantizar la homogeneidad y el desempeño estructural.

Temas:

Core

- Transporte en camión mezclador: tiempo máximo de entrega, verificación del asentamiento y condiciones admisibles
- Bombeo del concreto: diseño de mezclas bombeables, presión de operación, alcance y prevención de atascos
- Métodos de colocación: vertido directo, canales, cubetas y colocación por grúa
- Compactación del concreto: vibración interna y externa, frecuencia, amplitud y profundidad de inmersión
- Colocación de concreto bajo agua por método tremie y en condiciones especiales de acceso
- Sistemas de transporte por faja transportadora y neumáticos para grandes volúmenes de concreto

- Acabado superficial del concreto: nivelado, alisado, texturizado y curado inmediato

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Planificar el transporte del concreto considerando distancia de entrega, tiempo de fraguado y condiciones ambientales [Usar]
2. Ejecutar procedimientos normalizados de colocación del concreto para distintos tipos de elementos estructurales [Usar]
3. Aplicar técnicas de vibración correctas para lograr la consolidación uniforme del concreto [Usar]
4. Evaluar la calidad de la colocación del concreto e identificar deficiencias como segregación, nidos de grava y juntas frías [Evaluar]
5. Diseñar mezclas de concreto bombeables para condiciones específicas de altura y distancia de bombeo [Usar]
6. Especificar métodos de colocación para estructuras de acceso restringido o colocación bajo agua [Evaluar]
7. Desarrollar planes de colocación que minimicen juntas frías y garanticen la continuidad del concreto en elementos de gran dimensión [Usar]

2.1.6. EMM/Control Estadístico de la Calidad del Concreto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de métodos estadísticos para el control de la producción y aceptación del concreto, incluyendo muestreo, elaboración de probetas, análisis de resultados de resistencia, gráficos de control y evaluación de la conformidad con normas ACI y NTP.

Temas:
Core

- Procedimientos de muestreo y elaboración de especímenes de concreto fresco según normas ASTM
- Ensayo de resistencia a la compresión: procedimiento, frecuencia mínima y condiciones de ensayo

- Estadísticas básicas aplicadas al concreto: media, desviación estándar y coeficiente de variación
- Criterios de aceptación del concreto según ACI 318 y normativas equivalentes
- Gráficos de control estadístico ($\bar{X}$, R) para el monitoreo continuo de la producción de concreto
- Análisis de resultados no conformes: procedimientos de investigación, ensayos adicionales y decisiones estructurales
- Índices de capacidad del proceso (C_p, C_{pk}) y ajuste de la resistencia promedio de diseño

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar procedimientos normalizados de muestreo y fabricación de especímenes de concreto en obra [Usar]
2. Interpretar resultados de ensayos de resistencia a la compresión y determinar su validez [Evaluar]
3. Calcular parámetros estadísticos básicos a partir de series de resultados de resistencia del concreto [Usar]
4. Evaluar la aceptación o rechazo del concreto aplicando los criterios normativos de ACI 318 [Evaluar]
5. Construir gráficos de control estadístico para el seguimiento continuo de la producción de concreto [Usar]

6. Diagnosticar causas de variabilidad excesiva y proponer acciones correctivas en la producción de concreto [Evaluar]
7. Determinar la resistencia promedio de diseño (f'_{cr}) considerando la variabilidad estadística del proceso productivo [Usar]

2.1.7. EMM/Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propiedades y comportamiento de los metales estructurales, incluyendo aleaciones de acero, aluminio, principios metalúrgicos y estrategias de protección contra la corrosión.

Temas:

Core

- Composición, clasificación y designaciones de grados del acero
- Propiedades mecánicas del acero estructural, incluyendo límite de fluencia y ductilidad
- Procesos de tratamiento térmico y sus efectos en las propiedades del acero
- Soldabilidad y comportamiento de conexiones en metales estructurales
- Mecanismos de corrosión en estructuras metálicas
- Aplicaciones de aceros de alta resistencia y aceros resistentes a la intemperie
- Aleaciones de aluminio y sus aplicaciones estructurales
- Comportamiento a fatiga y tenacidad a la fractura de los metales
- Métodos de protección contra la corrosión, incluyendo recubrimientos y protección catódica
- Selección de materiales para entornos corrosivos y de alta temperatura

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar diferentes grados de acero y sus aplicaciones estructurales apropiadas [Familiarizarse]
2. Interpretar curvas esfuerzo-deformación y determinar las propiedades mecánicas de los metales [Evaluar]
3. Explicar cómo el tratamiento térmico afecta la microestructura y las propiedades del acero [Familiarizarse]
4. Evaluar la soldabilidad de los metales y especificar procedimientos de soldadura apropiados [Usar]
5. Describir la base electroquímica de la corrosión metálica [Familiarizarse]
6. Seleccionar acero de alta resistencia o resistente a la intemperie para requisitos estructurales específicos [Usar]
7. Comparar aleaciones de aluminio con el acero para aplicaciones estructurales ligeras [Evaluar]
8. Analizar escenarios de carga por fatiga y predecir la vida útil de componentes metálicos [Evaluar]
9. Diseñar sistemas de protección contra la corrosión para estructuras metálicas en ambientes agresivos [Usar]
10. Especificar materiales apropiados para estructuras expuestas a condiciones extremas [Evaluar]

2.1.8. EMM/Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propiedades y aplicaciones de materiales basados en polímeros, composites reforzados con fibras, materiales de base biológica y alternativas sostenibles en la construcción.

Temas:

Core

- Química de polímeros y clasificación de los polímeros de construcción
- Comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos
- Composites de polímero reforzado con fibra y sus aplicaciones estructurales
- Adhesivos, selladores y materiales impermeabilizantes
- Mecánica de materiales compuestos y teoría de láminas
- Refuerzo y rehabilitación de estructuras de concreto y mampostería con PRF
- Materiales de base biológica y reciclados para la construcción sostenible
- Geopolímeros y sistemas aglutinantes alternativos
- Degradación ambiental y desempeño a largo plazo de polímeros y composites

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar polímeros utilizados en la construcción y describir sus propiedades básicas [Familiarizarse]
2. Caracterizar el comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos [Evaluar]
3. Aplicar polímeros reforzados con fibra en aplicaciones de diseño estructural y rehabilitación [Usar]
4. Seleccionar adhesivos y selladores apropiados para aplicaciones específicas de construcción [Familiarizarse]
5. Analizar láminas compuestas utilizando la teoría clásica de laminación [Usar]
6. Diseñar sistemas de refuerzo con PRF para estructuras existentes de concreto o mampostería [Evaluar]
7. Evaluar la sostenibilidad y el desempeño del ciclo de vida de los materiales de construcción de base biológica [Evaluar]
8. Comparar aglutinantes geopoliméricos con sistemas tradicionales de cemento Portland [Familiarizarse]
9. Predecir la degradación a largo plazo de polímeros y composites bajo exposición ambiental [Usar]

2.1.9. EMM/Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos de ensayo estandarizados para materiales de construcción, procedimientos de aseguramiento de la calidad, control estadístico de calidad y técnicas sistemáticas de investigación de fallas.
Temas:
Core

- Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación
- Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas
- Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción
- Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación
- Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras
- Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia
- Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz
- Ingeniería forense y evaluación de daños
- Ensayos y enfoques de especificación basados en el desempeño
- Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar]
2. Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar]
3. Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar]
4. Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar]
5. Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse]
6. Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar]
7. Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar]
8. Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar]
9. Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar]
10. Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]

2.1.10. EMM/Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Clasificación y propiedades de la roca de uso en la construcción, y de los materiales de construcción vernáculos -adobe, quincha, tapial y bambú-, incluyendo sus ensayos de control de calidad.

Temas:

Core

- Rocas de uso en la construcción: clasificación y propiedades
- El adobe como material de construcción: fabricación y propiedades
- La quincha como sistema constructivo: materiales y técnica
- El tapial como material de construcción: fabricación y propiedades
- El bambú como material de construcción: propiedades y aplicaciones estructurales
- Ensayos de control de calidad para materiales vernáculos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar las rocas de uso en la construcción según sus propiedades y aplicaciones [Familiarizarse]
2. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del adobe, la quincha y el tapial [Usar]
3. Evaluar la aptitud del bambú como material estructural en la construcción [Evaluar]
4. Realizar ensayos de control de calidad sobre materiales de construcción vernáculos [Usar]
5. Recomendar el uso de un material vernáculo apropiado según las condiciones de un proyecto [Evaluar]

2.1.11. EMM/Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis de sistemas de fuerzas en equilibrio para partículas y cuerpos rígidos en dos y tres dimensiones, determinación de reacciones en los apoyos, y equilibrio de cables flexibles bajo cargas concentradas y distribuidas.

Temas:

Core

- Ecuaciones de equilibrio y diagramas de cuerpo libre para partículas y cuerpos rígidos en dos y tres dimensiones
- Cables flexibles bajo cargas concentradas y distribuidas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar las ecuaciones de equilibrio para determinar las reacciones en los apoyos de sistemas de cuerpo rígido en dos y tres dimensiones [Usar]
2. Determinar la tensión y la forma de un cable bajo cargas concentradas y distribuidas [Usar]

2.1.12. EMM/Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Determinación de fuerzas internas en armaduras mediante los métodos de nodos y secciones, en marcos y máquinas de múltiples elementos, y en vigas mediante diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Temas:

Core

- Análisis de armaduras mediante el método de nodos y el método de secciones
- Diagramas de cuerpo libre y análisis de fuerzas internas en marcos y máquinas de múltiples elementos
- Fuerzas internas en vigas: diagramas de fuerza cortante y momento flector

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Analizar armaduras planas utilizando tanto el método de nodos como el método de secciones [Evaluar]

2. Elaborar diagramas de cuerpo libre para marcos y máquinas de múltiples elementos y determinar las fuerzas internas en sus miembros [Usar]
3. Construir diagramas de fuerza cortante y momento flector para vigas bajo cargas concentradas y distribuidas [Evaluar]

2.1.13. EMM/Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Determinación de centroides y momentos de inercia de áreas compuestas, análisis de fenómenos de fricción seca, e introducción a los métodos de trabajo virtual para problemas de equilibrio.

Temas:

Core

- Centroides y centros de gravedad de áreas y líneas compuestas
- Momentos de inercia de áreas y el teorema de los ejes paralelos
- Fricción seca: leyes de la fricción, cuñas y tornillos
- Trabajo virtual y estabilidad del equilibrio

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Determinar las propiedades geométricas de secciones transversales complejas utilizadas en perfiles estructurales [Usar]
2. Analizar problemas de equilibrio que involucren fuerzas de fricción estática [Evaluar]
3. Aplicar los principios de fricción al análisis de cuñas y mecanismos de tornillo [Usar]
4. Evaluar la estabilidad del equilibrio mediante principios de trabajo virtual [Familiarizarse]

2.1.14. EMM/Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis cinemático de cuerpos rígidos en movimiento plano: traslación, rotación alrededor de un eje fijo, movimiento plano general y el uso del centro instantáneo de rotación para determinar velocidades y aceleraciones.

Temas:

Core

- Traslación y rotación alrededor de un eje fijo
- Movimiento plano general: velocidad y aceleración relativas, y el centro instantáneo de rotación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Determinar la velocidad y aceleración de cualquier punto en un mecanismo plano utilizando el centro instantáneo de rotación [Usar]
2. Explicar la diferencia entre traslación, rotación alrededor de un eje fijo y movimiento plano general [Familiarizarse]

2.1.15. EMM/Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis cinético de cuerpos rígidos en movimiento plano: ecuaciones de movimiento que relacionan fuerzas externas con la aceleración angular, y el principio de trabajo y energía aplicado a la energía cinética rotacional y traslacional.

Temas:

Core

- Ecuaciones de movimiento para un cuerpo rígido en movimiento plano
- Energía cinética de un cuerpo rígido y el principio de trabajo y energía

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar las ecuaciones de movimiento para relacionar las fuerzas externas con la aceleración angular de cuerpos rígidos [Evaluar]

2. Analizar problemas de movimiento de cuerpos rígidos mediante el principio de trabajo y energía [Usar]

2.1.16. EMM/Introducción a las Vibraciones Estructurales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Fundamentos de la vibración libre y forzada de sistemas de un grado de libertad, aplicados a la evaluación del comportamiento dinámico de modelos estructurales simples.
Temas:
Core

- Vibración libre no amortiguada de un sistema de un grado de libertad
- Péndulo simple y modelos masa-resorte
- Conceptos de frecuencia natural, periodo y amplitud
- Introducción a la vibración libre amortiguada

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Modelar sistemas estructurales simples como sistemas de un grado de libertad [Usar]
2. Calcular la frecuencia natural de una estructura para evitar fenómenos básicos de resonancia [Evaluar]
3. Describir el efecto del amortiguamiento en la respuesta de vibración libre de un sistema estructural [Familiarizarse]
4. Interpretar los parámetros de periodo y amplitud a partir de la respuesta de vibración libre de una estructura [Usar]

2.2. Análisis y Diseño Estructural (SAD)

Esta área de conocimiento abarca el análisis y diseño de sistemas estructurales, desde los principios fundamentales de equilibrio y comportamiento estructural hasta métodos computacionales avanzados y el diseño de diversos materiales y sistemas estructurales.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.2.1 Análisis Estructural I (Pág. 22)	1	1
⭐ 2.2.2 Métodos de Energía para el Análisis Estructural (Pág. 23)	1	1
⭐ 2.2.3 Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas (Pág. 23)	1	1
⭐ 2.2.4 Método de las Pendientes y Deflexiones (Pág. 24)	1	1
⭐ 2.2.5 Método de Distribución de Momentos (Cross) (Pág. 24)	1	1
⭐ 2.2.6 Análisis Estructural Matricial (Pág. 24)	1	1
⭐ 2.2.7 Sismología y Desastres Naturales (Pág. 24)	1	1
⭐ 2.2.8 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (Pág. 25)	1	1
⭐ 2.2.9 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (Pág. 25)	1	1
⭐ 2.2.10 Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (Pág. 26)	1	1
⭐ 2.2.11 Diseño de Concreto Armado (Pág. 27)	1	1
⭐ 2.2.12 Diseño de Escaleras de Concreto Armado (Pág. 27)	1	1
⭐ 2.2.13 Detalles Sísmicos de Concreto Armado (Pág. 27)	1	1
⭐ 2.2.14 Análisis de Concreto Presforzado (Pág. 28)	1	1
⭐ 2.2.15 Diseño de Concreto Presforzado (Pág. 28)	1	1
⭐ 2.2.16 Proyecto Integrador de Diseño Estructural (Pág. 28)	1	1
⭐ 2.2.17 Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión (Pág. 29)	1	1
⭐ 2.2.18 Diseño de Elementos de Acero a Flexión (Pág. 29)	1	1
⭐ 2.2.19 Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos (Pág. 29)	1	1
⭐ 2.2.20 Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura (Pág. 30)	1	1
⭐ 2.2.21 Diseño de Estructuras de Mampostería (Pág. 30)	1	1
⭐ 2.2.22 Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (Pág. 31)	1	1
⭐ 2.2.23 Diseño de Estructuras de Adobe (Pág. 31)	1	1
⭐ 2.2.24 Diseño de Superestructura de Puentes (Pág. 31)	1	1
⭐ 2.2.25 Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales (Pág. 32)	1	1
⭐ 2.2.26 Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural (Pág. 32)	1	1
⭐ 2.2.27 Naturaleza y Caracterización de las Cargas en Infraestructura Existente (Pág. 33)	1	1
⭐ 2.2.28 Comportamiento No Lineal de Estructuras (Pág. 33)	1	1
⭐ 2.2.29 Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural (Pág. 34)	1	1
⭐ 2.2.30 Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques (Pág. 34)	1	1
2.2.31 Análisis Estructural Avanzado (Pág. 35)	Electivo	

Cuadro 2.2: Lista de KUs del área de Análisis y Diseño Estructural.

2.2.1. SAD/Análisis Estructural I (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis fundamental de estructuras estáticamente determinadas, incluyendo cerchas, vigas y pórticos, junto con la construcción de líneas de influencia para cargas móviles.

Temas:

Core

- Ecuaciones de equilibrio y diagramas de cuerpo libre para sistemas estructurales
- Reacciones y fuerzas internas en vigas y pórticos determinados
- Análisis de cerchas usando el método de los nudos y el método de las secciones
- Diagramas de fuerza cortante y momento flector
- Cables y arcos bajo cargas concentradas y distribuidas
- Líneas de influencia para vigas y cerchas
- Análisis de cargas móviles y diagramas envolventes
- Análisis tridimensional de cerchas y pórticos
- Estructuras compuestas y clasificación de formas estructurales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar ecuaciones de equilibrio para determinar reacciones en los apoyos en estructuras determinadas [Usar]
2. Calcular fuerzas y momentos internos en cualquier sección de vigas y pórticos [Evaluar]
3. Analizar cerchas planas usando tanto el método de los nudos como el método de las secciones [Usar]
4. Construir diagramas de fuerza cortante y momento flector para diversas condiciones de carga [Evaluar]
5. Determinar fuerzas internas en cables y arcos bajo cargas específicas [Usar]
6. Desarrollar líneas de influencia para reacciones y fuerzas internas en estructuras determinadas [Evaluar]
7. Utilizar líneas de influencia para determinar efectos máximos provenientes de cargas móviles [Usar]
8. Analizar sistemas estructurales tridimensionales y determinar componentes espaciales de fuerzas [Evaluar]
9. Clasificar estructuras como determinadas o indeterminadas e identificar condiciones de estabilidad [Familiarizarse]

2.2.2. SAD/Métodos de Energía para el Análisis Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios fundamentales de energía para calcular desplazamientos e identificar el grado de indeterminación en sistemas estructurales, que constituyen la base teórica de los métodos clásicos de análisis indeterminado que se presentan a continuación.

Temas:

Core

- Conceptos de indeterminación y grado de libertad
- Trabajo interno de deformación y principio del trabajo virtual
- Primer teorema de Castigliano para el cálculo de desplazamientos
- Teoremas de reciprocidad de Betti y de Maxwell

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar el grado de indeterminación de sistemas estructurales [Evaluar]
2. Aplicar el principio del trabajo virtual para calcular la energía interna de deformación en sistemas estructurales [Usar]
3. Aplicar el primer teorema de Castigliano para determinar desplazamientos en estructuras indeterminadas [Usar]
4. Verificar la reciprocidad de desplazamientos y fuerzas mediante los teoremas de Betti y Maxwell [Evaluar]

2.2.3. SAD/Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Método clásico de las fuerzas (flexibilidad) para el análisis de vigas, pórticos y arcos estáticamente indeterminados, mediante el uso de fuerzas redundantes y condiciones de compatibilidad derivadas de los principios de energía.

Temas:

Core

- Método de las fuerzas y enfoque de flexibilidad para estructuras indeterminadas
- Principio del trabajo mínimo (segundo teorema de Castigliano) para el cálculo de redundantes
- Análisis de arcos estáticamente indeterminados
- Líneas de influencia para estructuras indeterminadas usando el principio de Müller-Breslau

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar el método de las fuerzas para analizar vigas y pórticos indeterminados [Usar]
2. Aplicar el principio del trabajo mínimo para calcular las fuerzas redundantes en el método de las fuerzas [Usar]

3. Analizar arcos estáticamente indeterminados sometidos a cargas combinadas [Evaluar]
4. Construir líneas de influencia para estructuras indeterminadas de forma cualitativa [Usar]

2.2.4. SAD/Método de las Pendientes y Deflexiones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El método de las pendientes y deflexiones, una técnica clásica basada en desplazamientos para el análisis de vigas y pórticos indeterminados, que constituye parte del puente conceptual hacia la formulación matricial de rigidez que se aborda a continuación.

Temas:

Core

- Método de las pendientes-deflexiones para vigas continuas y pórticos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Usar ecuaciones de pendientes-deflexiones para resolver problemas de vigas continuas y pórticos [Evaluar]

2.2.5. SAD/Método de Distribución de Momentos (Cross) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El método de distribución de momentos (Cross), una técnica iterativa clásica basada en desplazamientos para el análisis de vigas y pórticos indeterminados.

Temas:

Core

- Método de la distribución de momentos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar análisis por distribución de momentos para estructuras indeterminadas [Usar]

2.2.6. SAD/Análisis Estructural Matricial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:

Core

- Método de los desplazamientos y enfoque de rigidez
- Método directo de la rigidez y formulación matricial
- Transformaciones de coordenadas y ensamblaje de matrices de rigidez globales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Implementar el método de los desplazamientos para el análisis estructural [Evaluar]
2. Formular problemas estructurales utilizando el método directo de la rigidez en forma matricial [Usar]
3. Ensamblar matrices de rigidez globales y resolver para desplazamientos nodales [Evaluar]

2.2.7. SAD/Sismología y Desastres Naturales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Fundamentos de sismología y tectónica de placas, sismicidad regional del Perú, y tipología y gestión del riesgo de desastres naturales, como base conceptual para la ingeniería sismorresistente.

Temas:

Core

- Tectónica de placas y mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla
- Ondas sísmicas: tipos (P, S, superficiales) y su propagación
- Escalas de magnitud (momento sísmico) e intensidad sísmica (Mercalli Modificada)
- Sismicidad histórica y contexto tectónico de subducción del Perú
- Tipología de desastres naturales: sísmicos, volcánicos, tsunamis y movimientos en masa
- Gestión del riesgo de desastres: prevención, mitigación, preparación y respuesta (marco SINAGERD)

- Instrumentación sismológica: sismógrafos, acelerógrafos y redes nacionales de monitoreo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la tectónica de placas y los mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla [Familiarizarse]
2. Diferenciar los tipos de ondas sísmicas y sus efectos sobre las edificaciones [Usar]
3. Interpretar y distinguir las escalas de magnitud e intensidad sísmica [Usar]
4. Describir la sismicidad histórica y el contexto de subducción del Perú [Familiarizarse]
5. Clasificar los principales tipos de desastres naturales que afectan al territorio peruano [Familiarizarse]
6. Analizar el marco de gestión del riesgo de desastres para la prevención y respuesta ante sismos [Evaluar]

2.2.8. SAD/Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estructura y parámetros de la norma peruana de diseño sismorresistente (E.030), sistemas estructurales y su factor de reducción, y criterios de estructuración y regularidad para el diseño sismorresistente de edificaciones.

Temas:

Core

- Alcance y estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030
- Parámetros de peligro sísmico: zonificación (Z), factor de uso (U) y perfil de suelo (S)
- Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R)
- Irregularidades estructurales en planta: torsional, esquinas entrantes y discontinuidad de diafragma
- Irregularidades estructurales en altura: piso blando, piso débil e irregularidad de masa
- Principios de estructuración: simetría, redundancia, hiperestaticidad y continuidad
- Fuerza cortante mínima en la base y límites de distorsión de entrepiso

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el alcance y la estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 [Familiarizarse]
2. Determinar los parámetros de peligro sísmico (Z, U, S) aplicables a un sitio dado [Usar]
3. Seleccionar el sistema estructural y el coeficiente de reducción R correspondiente [Usar]
4. Clasificar las irregularidades estructurales en planta y en altura de una edificación [Evaluar]
5. Aplicar los principios de estructuración para proponer una configuración estructural regular [Usar]
6. Verificar el cortante mínimo en la base y los límites de distorsión de entrepiso [Evaluar]

2.2.9. SAD/Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Comportamiento dinámico de estructuras bajo cargas variables en el tiempo, análisis de vibraciones, caracterización del movimiento sísmico del terreno y principios de diseño sísmico.

Temas:

Core

- Sistemas de un grado de libertad y vibración libre
- Vibración forzada y excitación armónica
- Modelos de amortiguamiento y mecanismos de disipación de energía
- Análisis del espectro de respuesta
- Características del movimiento sísmico del terreno y sismicidad
- Sistemas de múltiples grados de libertad y análisis modal
- Análisis de historia de tiempos y métodos de integración numérica
- Filosofía del diseño sísmico y principios de diseño por capacidad
- Aislamiento sísmico y dispositivos de disipación de energía

- Metodología de diseño sísmico basado en desempeño

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Analizar vibración libre de sistemas de un grado de libertad y determinar frecuencias naturales [Evaluar]
2. Calcular la respuesta estructural a cargas armónicas y periódicas [Usar]
3. Explicar el rol del amortiguamiento en la reducción de la respuesta dinámica [Familiarizarse]
4. Aplicar el método del espectro de respuesta para análisis sísmico [Usar]
5. Interpretar parámetros del movimiento sísmico del terreno y mapas de amenaza sísmica [Familiarizarse]
6. Realizar análisis modal para sistemas de múltiples grados de libertad [Evaluar]
7. Conducir análisis de historia de tiempos usando técnicas de integración numérica [Usar]
8. Diseñar estructuras siguiendo principios de diseño por capacidad y detalles dúctiles [Evaluar]
9. Evaluar la efectividad de sistemas de aislamiento sísmico y amortiguamiento [Familiarizarse]
10. Implementar procedimientos de diseño sísmico basado en desempeño [Evaluar]

2.2.10. SAD/Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación práctica del método de la rigidez y del análisis sísmico por espectro de respuesta al modelamiento, mediante software de análisis estructural, y evaluación de sistemas estructurales de edificaciones reales, con presentación y discusión de resultados.
Temas:
Core

- Reconocimiento de edificios de estudio: geometría, sistemas estructurales y trayectoria de cargas
- Modelamiento de pórticos y armaduras planas de edificios reales mediante software de análisis estructural basado en el método de la rigidez
- Aplicación del análisis estático y sísmico por espectro de respuesta a casos de estudio representativos de edificaciones
- Presentación y discusión entre pares de resultados de análisis estructural y sus implicancias de diseño
- Definición de geometría, materiales, secciones y condiciones de contorno de un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural (ETABS, Midas Gen)
- Asignación de cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación
- Análisis estático y dinámico (modal) de modelos de edificaciones e interpretación de resultados, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración
- Verificación de los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados y revisiones normativas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Modelar sistemas estructurales de edificaciones reales para análisis estático y sísmico basado en el método de la rigidez utilizando software de análisis estructural [Usar]
2. Interpretar y validar resultados de análisis generados por computadora contrastándolos con el comportamiento estructural esperado [Evaluar]
3. Presentar y sustentar ante pares los resultados del análisis estructural y sus implicancias de diseño [Usar]
4. Asignar cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural [Usar]
5. Interpretar resultados de análisis dinámico, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración [Evaluar]
6. Verificar los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados [Evaluar]

2.2.11. SAD/Diseño de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de elementos de concreto armado para flexión, cortante, compresión y serviciabilidad siguiendo la filosofía de diseño por estados límite.

Temas:

Core

- Filosofía de diseño y metodología de estados límite para estructuras de concreto
- Diseño a flexión de vigas rectangulares y en T
- Diseño a cortante y torsión de elementos de concreto
- Elementos a compresión y diseño de columnas
- Diseño de losas, incluyendo sistemas unidireccionales y bidireccionales
- Longitud de anclaje y empalmes del refuerzo
- Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad para vigas y losas de concreto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de cargas mayoradas [Familiarizarse]
2. Diseñar vigas de concreto armado para flexión y verificar serviciabilidad [Evaluar]
3. Calcular los requisitos de refuerzo por cortante y torsión [Usar]
4. Dimensionar columnas para carga axial y flexión biaxial [Evaluar]
5. Diseñar sistemas de losas unidireccionales y bidireccionales con el refuerzo apropiado [Usar]
6. Determinar longitudes de desarrollo y diseñar empalmes por traslapo de barras de refuerzo [Evaluar]
7. Controlar deflexiones y verificar requisitos de serviciabilidad mediante un dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]

2.2.12. SAD/Diseño de Escaleras de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de escaleras de concreto armado apoyadas y en voladizo, incluyendo geometría de tramos y descansos, distribución de cargas y detallado del refuerzo.

Temas:

Core

- Geometría de tramos de escalera, descansos y losas inclinadas (waist slab)
- Distribución de cargas y luz efectiva para escaleras simplemente apoyadas
- Distribución de cargas y luz efectiva para escaleras en voladizo
- Detallado del refuerzo en tramos, descansos y apoyos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar una escalera de concreto armado apoyada para cargas de gravedad [Evaluar]
2. Diseñar una escalera de concreto armado en voladizo para cargas de gravedad [Evaluar]
3. Detallar el refuerzo en tramos, descansos y apoyos de escaleras [Usar]

2.2.13. SAD/Detalles Sísmicos de Concreto Armado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Uniones viga-columna, diseño de muros estructurales especiales y disposiciones especiales de detallado sísmico para pórticos dúctiles de concreto armado.

Temas:

Core

- Uniones viga-columna y conexiones en pórticos resistentes a momento
- Detalles sísmicos y diseño dúctil de estructuras de concreto
- Diseño de muros estructurales especiales de concreto armado (placas) para resistencia sísmica lateral
- Disposiciones especiales de detallado sísmico para pórticos de concreto armado resistentes a momento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Detallar uniones viga-columna para transferencia de momento y resistencia a cortante [Evaluar]
2. Implementar requisitos de detalles sísmicos para pórticos dúctiles de concreto [Evaluar]
3. Diseñar muros estructurales especiales de concreto armado para solicitaciones combinadas de carga axial, flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar]
4. Aplicar disposiciones especiales de detallado sísmico a elementos de pórticos de concreto armado y nudos viga-columna [Usar]

2.2.14. SAD/Análisis de Concreto Presforzado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios del presfuerzo, análisis elástico de esfuerzos bajo cargas de servicio, secciones compuestas y pérdidas de presfuerzo instantáneas y diferidas.
Temas:
Core

- Principios del concreto pretensado y métodos de pretensado previo
- Análisis elástico de esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio
- Secciones compuestas de concreto presforzado: elementos prefabricados con losa vaciada in situ
- Pérdidas de presfuerzo instantáneas y diferidas en el tiempo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar principios de pretensado para diseñar elementos pretensados [Usar]
2. Analizar los esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio mediante teoría elástica [Usar]
3. Diseñar secciones compuestas de concreto presforzado que combinan elementos prefabricados y concreto vaciado in situ [Evaluar]
4. Calcular las pérdidas instantáneas y diferidas de presfuerzo [Usar]

2.2.15. SAD/Diseño de Concreto Presforzado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de sistemas postensados y trazado de tendones, control de deflexiones, resistencia a flexión, corte y torsión en estado límite último, y análisis de estructuras hiperestáticas presforzadas.
Temas:
Core

- Sistemas de concreto postensado y diseño de tendones
- Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad
- Resistencia a flexión de elementos de concreto presforzado en estado límite último
- Diseño a corte y torsión de elementos de concreto presforzado
- Estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar losas y vigas postensadas, incluyendo el trazado de tendones [Evaluar]
2. Controlar deflexiones mediante dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]
3. Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a flexión en estado límite último [Evaluar]
4. Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a corte y torsión [Evaluar]
5. Analizar estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios [Evaluar]

2.2.16. SAD/Proyecto Integrador de Diseño Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Desarrollo progresivo de un proyecto de diseño estructural en concreto armado que integra losas, muros estructurales y cimentaciones, coordinando las decisiones de diseño con restricciones arquitectónicas y geotécnicas, y culminando en la documentación técnica del diseño.

Temas:
Core
- Ejercicio de diseño progresivo que integra el diseño de losas, muros estructurales y cimentaciones de una edificación de concreto armado de varios pisos
- Coordinación de las decisiones de diseño estructural con las restricciones arquitectónicas y geotécnicas del proyecto
- Documentación del diseño estructural, incluyendo memorias de cálculo y planos de diseño

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Desarrollar un diseño estructural progresivo e integrado de una edificación de concreto armado que incorpore losas, muros estructurales y cimentaciones [Evaluar]
2. Aplicar de manera acumulativa los contenidos del curso para resolver problemas de diseño realistas y abiertos bajo restricciones normativas y de sitio [Evaluar]
3. Preparar documentación de cálculo estructural que comunique las decisiones de diseño [Usar]

2.2.17. SAD/Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de elementos estructurales de acero sometidos a tracción y compresión axial pura, incluyendo consideraciones de área neta, cortante por bloque y pandeo de columnas, según el método de estados límite (LRFD/ASD).
Temas:
Core
- Diseño de elementos a tensión y consideraciones de área neta
- Diseño de elementos a compresión y pandeo de columnas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Diseñar elementos a tensión considerando área neta y cortante por bloque [Evaluar]
2. Seleccionar secciones de columnas apropiadas y verificar la capacidad de pandeo [Usar]

2.2.18. SAD/Diseño de Elementos de Acero a Flexión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño a flexión de vigas de acero, incluyendo pandeo lateral-torsional, interacción de fuerza axial y momento flector combinados (vigas-columna), y vigas de alma llena con rigidizadores.
Temas:
Core
- Diseño a flexión de vigas y pandeo lateral-torsional
- Interacción de fuerza axial y momento flector combinados
- Vigas de alma llena y diseño del alma

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Dimensionar vigas de acero considerando pandeo local y pandeo lateral-torsional [Evaluar]
2. Evaluar columnas sometidas a flexo-compresión usando ecuaciones de interacción [Usar]
3. Diseñar vigas de alma llena considerando el pandeo del alma y rigidizadores [Evaluar]

2.2.19. SAD/Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de conexiones atornilladas y soldadas, vigas mixtas, pórticos resistentes a momento sísmicos y sistemas de pórticos arriostrados.
Temas:
Core
- Diseño de conexiones atornilladas y modos de falla
- Conexiones soldadas y consideraciones de diseño
- Vigas mixtas y conectores de cortante

- Pórticos resistentes a momento y disposiciones sísmicas para estructuras de acero
- Pórticos arriostrados y diseño de pórticos arriostrados concéntricamente
- Diseño de conexiones para pórticos especiales resistentes a momento y conexiones precalificadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar conexiones atornilladas para cortante, tensión y carga combinada [Evaluar]
2. Especificar conexiones soldadas y determinar tamaños de soldadura [Usar]
3. Analizar vigas mixtas y diseñar conectores de cortante tipo perno [Usar]
4. Diseñar pórticos resistentes a momento para cargas sísmicas y de viento [Evaluar]
5. Dimensionar miembros de arriostre y conexiones en sistemas de pórticos arriostrados [Usar]
6. Detallar conexiones precalificadas resistentes a momento de acuerdo con disposiciones sísmicas [Evaluar]

2.2.20. SAD/Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Proceso de diseño de una edificación de baja altura, desde el reconocimiento de las condiciones de sitio y suelo y la identificación del marco normativo aplicable, hasta la selección de un sistema estructural en mampostería, adobe o madera y su integración con la disposición arquitectónica del proyecto.

Temas:
Core

- Reconocimiento de sitio y suelo, requisitos del proyecto y marco normativo aplicable (E.030, E.070, E.080, E.010)
- Criterios de selección de un sistema estructural entre mampostería, adobe y madera en función de las condiciones de sitio, disponibilidad de materiales y peligro sísmico
- Integración del diseño estructural con la disposición arquitectónica de un proyecto de edificación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el proceso de diseño de una edificación de baja altura, identificando las condiciones de sitio y el marco normativo peruano aplicable [Familiarizarse]
2. Seleccionar un sistema estructural apropiado para un proyecto de edificación en función de las condiciones de sitio, los materiales y el peligro sísmico [Usar]
3. Formular el alcance y los requisitos de un proyecto de edificación que integra sistemas de mampostería, adobe o madera [Evaluar]

2.2.21. SAD/Diseño de Estructuras de Mampostería (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios de diseño para mampostería no reforzada y reforzada, incluyendo materiales, detallado y disposiciones sísmicas.

Temas:
Core

- Materiales de mampostería, unidades y propiedades del mortero
- Diseño de muros de mampostería no reforzada para compresión y flexión
- Diseño y detalles de mampostería reforzada
- Diseño sísmico de estructuras de mampostería y madera

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar tipos de unidades de mampostería y especificar el mortero apropiado para aplicaciones [Familiarizarse]
2. Diseñar muros de mampostería no reforzada para cargas gravitacionales y laterales [Evaluar]
3. Dimensionar elementos de mampostería reforzada y especificar detalles del refuerzo [Usar]
4. Implementar disposiciones de diseño sísmico para edificios de mampostería y madera [Usar]

2.2.22. SAD/Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propiedades y diseño de elementos de madera aserrada, laminada encolada y madera de ingeniería y sus conexiones, así como elementos de acero conformado en frío y sistemas de acero liviano.

Temas:

Core

- Propiedades de la madera, clasificación y valores de diseño
- Diseño de madera aserrada y madera laminada encolada
- Conexiones de madera, incluyendo clavos, pernos y conectores metálicos
- Elementos de acero conformado en frío y propiedades de sección
- Sistemas de estructuras de acero liviano y su diseño
- Productos de madera de ingeniería, incluyendo viguetas tipo I y madera compuesta estructural

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar especies y grados de madera basándose en requisitos estructurales [Familiarizarse]
2. Diseñar vigas, columnas y elementos con carga combinada de madera [Evaluar]
3. Especificar conexiones de madera y calcular su capacidad [Usar]
4. Calcular propiedades efectivas de sección para elementos de acero conformado en frío [Evaluar]
5. Diseñar montantes de muro y vigas de piso de acero liviano [Usar]
6. Aplicar productos de madera de ingeniería en sistemas de piso y techo [Evaluar]

2.2.23. SAD/Diseño de Estructuras de Adobe (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El adobe como material estructural: propiedades mecánicas, diseño de muros para cargas gravitacionales según la Norma E.080 y técnicas de refuerzo sísmico.

Temas:

Core

- El adobe como material estructural: propiedades mecánicas y comportamiento sísmico
- Diseño de muros de adobe para cargas gravitacionales y verificación de espesores y esbeltez según la Norma E.080
- Técnicas de refuerzo sísmico de construcciones de adobe: mallas, geomallas y refuerzo horizontal y vertical

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Caracterizar las propiedades mecánicas del adobe y su comportamiento sísmico [Familiarizarse]
2. Diseñar muros de adobe según los requisitos de espesor, esbeltez y geometría de la Norma E.080 [Evaluar]
3. Especificar técnicas de refuerzo sísmico para edificaciones de adobe nuevas y existentes [Usar]

2.2.24. SAD/Diseño de Superestructura de Puentes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Tipos, cargas y diseño de superestructuras de puentes, incluyendo sistemas de losa de concreto, viga de acero, concreto pretensado, viga cajón y sistemas reticulados.

Temas:

Core

- Tipos de puentes, componentes y sistemas estructurales
- Modelos de carga y combinaciones de carga para diseño de puentes
- Diseño de puentes losa de concreto y puentes de vigas en T
- Diseño de puentes de vigas de acero y losas de cubierta mixta
- Puentes de vigas de concreto pretensado
- Análisis de puentes de viga cajón y puentes curvos
- Consideraciones para el diseño de puentes reticulados con elementos sometidos a flexión y fuerza axial combinadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar tipos de puentes y seleccionar sistemas apropiados para condiciones de sitio dadas [Familiarizarse]
2. Aplicar modelos de carga AASHTO y determinar combinaciones de carga críticas [Usar]
3. Diseñar puentes losa de concreto armado y superestructuras de vigas en T [Evaluar]
4. Dimensionar vigas de acero y diseñar sistemas de cubierta mixta [Evaluar]
5. Analizar y diseñar puentes de vigas de concreto pretensado [Evaluar]
6. Modelar puentes de viga cajón y analizar efectos de alineamiento curvo [Usar]
7. Diseñar elementos de puentes reticulados sometidos a flexotracción y flexocompresión [Usar]

2.2.25. SAD/Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de infraestructuras de puentes, puentes con cables, evaluación de puentes, calificación de carga y diseño sísmico.
Temas:
Core

- Diseño de infraestructura, incluyendo estribos y pilas
- Conceptos de puentes atirantados y colgantes
- Apoyos, juntas de dilatación y detalles de la cubierta del puente
- Evaluación de carga y procedimientos de calificación de puentes
- Diseño sísmico de puentes y sistemas de aislamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar estribos y pilas de puentes para cargas verticales y laterales [Usar]
2. Explicar el comportamiento estructural de sistemas de puentes atirantados o colgantes [Familiarizarse]
3. Seleccionar y diseñar apoyos de puentes y sistemas de juntas de dilatación [Evaluar]
4. Realizar análisis de calificación de carga para puentes existentes [Usar]
5. Implementar criterios de diseño sísmico para estructuras de puentes [Evaluar]

2.2.26. SAD/Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Teoría fundamental y aplicación del análisis por elementos finitos para problemas estructurales, incluyendo formulación de elementos, técnicas de modelado e interpretación de resultados.
Temas:
Core

- Fundamentos de la teoría de elementos finitos y discretización
- Tipos de elementos, incluyendo elementos cercha, viga y pórtico
- Formulación y ensamblaje de la matriz de rigidez
- Elementos de tensión plana y deformación plana
- Técnicas de modelado, condiciones de contorno y refinamiento de malla
- Elementos de cáscara y placa
- Elementos sólidos y análisis tridimensional
- Análisis no lineal, incluyendo no linealidad material y geométrica
- Análisis dinámico usando métodos de elementos finitos
- Verificación, validación y estimación de error en AEF

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar los principios fundamentales y supuestos del análisis por elementos finitos [Familiarizarse]
2. Formular matrices de rigidez de elemento para tipos de elementos básicos [Usar]
3. Ensamblar matrices de rigidez globales y aplicar condiciones de contorno [Evaluar]
4. Aplicar elementos de tensión y deformación plana a problemas bidimensionales [Usar]

5. Desarrollar modelos apropiados de elementos finitos con densidad de malla adecuada [Evaluar]
6. Utilizar elementos de cáscara y placa para análisis de estructuras de pared delgada [Usar]
7. Modelar estructuras tridimensionales complejas usando elementos sólidos [Evaluar]
8. Realizar análisis no lineal por elementos finitos para efectos materiales y geométricos [Usar]
9. Conducir análisis dinámico por elementos finitos, incluyendo análisis modal y de historia de tiempos [Evaluar]
10. Validar resultados de elementos finitos y estimar errores de discretización [Evaluar]

2.2.27. SAD/Naturaleza y Caracterización de las Cargas en Infraestructura Existente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Caracterización de las cargas permanentes, vivas, ambientales y las inducidas por el deterioro, así como del historial de cargas, que actúan sobre la infraestructura civil existente, como base para la evaluación de condición estructural y la rehabilitación.

Temas:

Core

- Caracterización de cargas permanentes (muertas) y vivas para estructuras existentes
- Cargas ambientales: viento, efectos térmicos y asentamiento diferencial sobre la infraestructura
- Efectos de carga inducidos por el deterioro: corrosión, creep, contracción y fatiga
- Reconstrucción del historial de cargas y estimación de cargas de servicio en estructuras existentes
- Sobrecargas y eventos de carga anormales: impacto, explosión y acciones accidentales
- Combinaciones de carga para la evaluación estructural y el diseño de la rehabilitación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Caracterizar las cargas permanentes y vivas aplicables a la infraestructura civil existente [Familiarizarse]
2. Determinar los efectos de las cargas ambientales, incluyendo viento, efectos térmicos y asentamiento diferencial, sobre estructuras existentes [Usar]
3. Identificar los efectos de carga inducidos por el deterioro, tales como corrosión, creep, contracción y fatiga [Evaluar]
4. Reconstruir el historial de cargas y estimar las cargas en servicio de una estructura existente [Usar]
5. Reconocer las sobrecargas y eventos de carga anormales relevantes para la evaluación de infraestructura [Familiarizarse]
6. Establecer las combinaciones de carga apropiadas para la evaluación estructural y el diseño de la rehabilitación [Evaluar]

2.2.28. SAD/Comportamiento No Lineal de Estructuras (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Comportamiento no lineal material y geométrico de componentes y sistemas estructurales, incluyendo la respuesta histerética, el modelado de rótulas plásticas, el análisis estático no lineal y los métodos de evaluación basados en desplazamientos usados para evaluar el desempeño de estructuras existentes.

Temas:

Core

- No linealidad material: comportamiento esfuerzo-deformación del concreto y del acero de refuerzo más allá de la fluencia
- No linealidad geométrica y efectos P-delta en la respuesta estructural
- Comportamiento histerético y disipación de energía de componentes estructurales bajo carga cíclica
- Formación de rótulas plásticas, longitud de rótula y relaciones momento-curvatura
- Análisis estático no lineal (pushover) y desarrollo de la curva de capacidad
- Demanda de ductilidad de desplazamiento y de curvatura

- Niveles de desempeño y criterios de aceptación para componentes estructurales y no estructurales
- Métodos de evaluación basados en desplazamientos para estructuras existentes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar las fuentes materiales y geométricas del comportamiento estructural no lineal [Familiarizarse]
2. Determinar las relaciones momento-curvatura y las propiedades de la rótula plástica de elementos estructurales [Usar]
3. Realizar análisis estático no lineal (pushover) para desarrollar la curva de capacidad de una estructura [Usar]
4. Calcular las demandas de ductilidad de desplazamiento y de curvatura de componentes estructurales [Evaluar]
5. Evaluar los niveles de desempeño estructural y no estructural frente a los criterios de aceptación [Evaluar]
6. Aplicar métodos basados en desplazamientos para evaluar el desempeño sísmico de estructuras existentes [Usar]

2.2.29. SAD/Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Técnicas de evaluación, refuerzo y retrofitting para estructuras existentes, incluyendo mejoramiento sísmico, evaluación de la salud estructural y metodologías de reparación.
Temas:
Core

- Evaluación de condiciones y procedimientos de evaluación estructural
- Calificación de carga y evaluación de capacidad de estructuras existentes
- Materiales y técnicas de reparación de concreto
- Técnicas de refuerzo usando armadura externa
- Sistemas de refuerzo con PRF para flexión y cortante
- Estrategias de retrofitting sísmico para edificios y puentes
- Enchapes de acero y postensado externo
- Rehabilitación de mampostería y preservación de estructuras históricas
- Evaluación y diseño de retrofitting basado en desempeño
- Evaluación no destructiva y monitoreo de salud estructural

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar evaluaciones integrales de la condición de estructuras existentes [Evaluar]
2. Evaluar la capacidad portante de elementos estructurales existentes [Usar]
3. Seleccionar materiales apropiados de reparación de concreto y métodos de aplicación [Familiarizarse]
4. Diseñar intervenciones de refuerzo usando técnicas convencionales [Evaluar]
5. Aplicar sistemas de PRF para el refuerzo a flexión y cortante de elementos de concreto [Usar]
6. Desarrollar estrategias de retrofitting sísmico para estructuras deficientes [Evaluar]
7. Implementar sistemas de enchapes de acero y postensado externo [Usar]
8. Rehabilitar estructuras de mampostería preservando su carácter histórico [Evaluar]
9. Realizar evaluaciones basadas en desempeño y diseñar intervenciones de retrofitting [Usar]
10. Utilizar tecnologías de ensayos no destructivos y monitoreo para evaluación de daños [Familiarizarse]

2.2.30. SAD/Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis sísmico y diseño en concreto armado de estructuras especiales/industriales de ingeniería civil – chimeneas autoportantes y tanques de almacenamiento de líquidos – incluyendo idealización

dinámica, distribución de fuerzas y presiones sísmicas, efectos hidrodinámicos en estructuras contenedoras de líquidos, y detallado según ACI 307 y ACI 350.3.

Temas:

Core

- Idealización dinámica de una chimenea autoportante como un modelo equivalente de viga en voladizo (stick model)
- Distribución de fuerzas sísmicas y momento de volteo a lo largo de la altura de una chimenea según ACI 307
- Diseño por flexión y cortante de secciones de fuste de chimeneas de concreto armado bajo carga sísmica
- Detallado del refuerzo sísmico para fustes de chimeneas, aberturas y juntas de construcción
- Modelo de dos masas impulsiva-convectiva de Housner para la respuesta sísmica hidrodinámica de tanques de almacenamiento de líquidos
- Distribución de presiones hidrodinámicas impulsiva y convectiva (oleaje) sobre las paredes y la base del tanque según ACI 350.3
- Diseño de paredes y losa de fondo de tanques de concreto armado para las presiones hidrodinámicas inducidas por sismo
- Altura de oleaje, requisitos de borde libre (freeboard) y diseño del anclaje para tanques de almacenamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la idealización dinámica de una chimenea autoportante como un modelo equivalente de viga en voladizo para el análisis sísmico [Familiarizarse]
2. Determinar la distribución de fuerzas sísmicas y momento de volteo a lo largo de la altura de una chimenea de concreto armado [Usar]
3. Diseñar la sección del fuste de concreto armado de una chimenea por flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar]
4. Detallar el refuerzo sísmico para fustes de chimeneas, aberturas y juntas de construcción [Usar]
5. Explicar el modelo de masas impulsiva-convectiva de Housner para la respuesta sísmica hidrodinámica de tanques de almacenamiento de líquidos [Familiarizarse]
6. Determinar las distribuciones de presión hidrodinámica impulsiva y convectiva sobre las paredes y la base del tanque [Usar]
7. Diseñar las paredes y la losa de fondo de concreto armado de un tanque para las presiones hidrodinámicas inducidas por sismo [Evaluar]
8. Calcular la altura de oleaje y los requisitos de borde libre, y diseñar el anclaje de un tanque de almacenamiento [Usar]

2.2.31. SAD/Análisis Estructural Avanzado

Temas:

Core

- Análisis plástico y diseño de carga límite
- Efectos de segundo orden y no linealidad geométrica

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Determinar cargas de colapso utilizando métodos de análisis plástico [Evaluar]
2. Evaluar la importancia de los efectos de segundo orden en el análisis estructural [Familiarizarse]

2.3. Ingeniería Geotécnica (GTE)

Esta área de conocimiento cubre el comportamiento ingenieril de los materiales terrestres, la investigación del subsuelo, el diseño de cimentaciones, sistemas de retención de tierra, estabilidad de taludes y técnicas de mejoramiento de suelos, esenciales para el desarrollo de infraestructura segura y económica.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.3.1 Relaciones de Fase y Filtración (Pág. 36)	1	1
⭐ 2.3.2 Resistencia al Corte y Consolidación (Pág. 36)	1	1
⭐ 2.3.3 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (Pág. 37)	1	1
⭐ 2.3.4 Capacidad Portante y Diseño (Pág. 38)	1	1
⭐ 2.3.5 Cimentaciones Profundas (Pág. 38)	1	1
⭐ 2.3.6 Sistemas de Retención de Tierra (Pág. 39)	1	1
⭐ 2.3.7 Análisis y Estabilización de Taludes (Pág. 39)	1	1
⭐ 2.3.8 Ingeniería Geotécnica Sísmica (Pág. 40)	1	1
⭐ 2.3.9 Técnicas de Mejoramiento de Suelos (Pág. 41)	1	1
⭐ 2.3.10 Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación (Pág. 41)	1	1
⭐ 2.3.11 Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones (Pág. 42)	1	1
⭐ 2.3.12 Presas de Tierra (Pág. 42)	1	1
⭐ 2.3.13 Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra (Pág. 43)	1	1
⭐ 2.3.14 Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos (Pág. 43)	1	1
⭐ 2.3.15 Instrumentación y Monitoreo de Presas (Pág. 44)	1	1
⭐ 2.3.16 Construcción de Presas de Tierra (Pág. 44)	1	1
⭐ 2.3.17 Operación y Gestión de la Seguridad de Presas (Pág. 45)	1	1
2.3.18 Geosintéticos para Ingeniería Geotécnica (Pág. 45)	Electivo	

Cuadro 2.3: Lista de KUs del área de Ingeniería Geotécnica.

2.3.1. GTE/Relaciones de Fase y Filtración (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Relaciones de fase, propiedades índice, sistemas de clasificación y compactación de suelos; permeabilidad, flujo de agua a través de suelos, el principio de esfuerzos efectivos y fenómenos capilares.
Temas:
Core

- Relaciones de fase y propiedades índice de los suelos
- Sistemas de clasificación de suelos, incluyendo USCS y AASHTO
- Distribución del tamaño de partículas y límites de Atterberg
- Teoría de compactación y métodos de control en campo
- Permeabilidad y ley de Darcy
- Análisis de flujo de agua y redes de flujo
- Principio de esfuerzos efectivos y presión de poro
- Capilaridad y succión del suelo
- Acción de las heladas y propiedades térmicas de los suelos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular relaciones de fase y derivar propiedades índice a partir de datos de laboratorio [Usar]
2. Clasificar suelos de acuerdo con los sistemas de clasificación USCS y AASHTO [Evaluar]
3. Interpretar curvas de distribución de tamaño de partículas y cartas de plasticidad [Evaluar]
4. Aplicar la teoría de compactación al control de construcción en campo [Usar]
5. Determinar la permeabilidad del suelo usando métodos de laboratorio y campo [Evaluar]
6. Construir redes de flujo y calcular caudales de filtración [Usar]
7. Explicar el principio de esfuerzos efectivos y su importancia ingenieril [Familiarizarse]
8. Analizar la ascensión capilar y los efectos de succión en suelos parcialmente saturados [Evaluar]
9. Evaluar la susceptibilidad a las heladas y diseñar medidas de protección contra ellas [Familiarizarse]

2.3.2. GTE/Resistencia al Corte y Consolidación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Resistencia al corte de suelos, criterio de falla de Mohr-Coulomb, ensayos de corte directo y triaxial, y comportamiento a estado crítico y residual; teoría de la consolidación, predicción de asentamientos,

distribución de esfuerzos en masas de suelo, compresión secundaria y anisotropía.
Temas:
Core

- Resistencia al corte de suelos y criterio de falla de Mohr-Coulomb
- Métodos de ensayo de corte directo y triaxial
- Comportamiento a resistencia al corte drenada y no drenada
- Teoría de la consolidación y análisis de asentamientos
- Velocidad temporal de consolidación y grado de consolidación
- Distribución de esfuerzos en masas de suelo usando teoría elástica
- Conceptos de mecánica de suelos en estado crítico
- Resistencia al corte residual y sensibilidad de arcillas
- Compresión secundaria y comportamiento por fluencia lenta
- Anisotropía y efectos de la trayectoria de esfuerzos en el comportamiento del suelo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar el criterio de Mohr-Coulomb para determinar parámetros de resistencia al corte [Familiarizarse]
2. Interpretar resultados de ensayos de corte directo y triaxial [Evaluar]
3. Distinguir entre condiciones de carga drenadas y no drenadas [Usar]
4. Calcular asentamientos por consolidación usando teoría unidimensional [Evaluar]
5. Predecir la velocidad temporal de asentamiento para suelos en consolidación [Usar]
6. Calcular la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas usando la teoría de Boussinesq [Evaluar]
7. Explicar los conceptos de estado crítico y su aplicación al comportamiento del suelo [Familiarizarse]
8. Evaluar la resistencia residual y la sensibilidad para problemas de estabilidad de taludes [Evaluar]
9. Estimar la compresión secundaria para suelos altamente plásticos [Usar]
10. Analizar los efectos de las trayectorias de esfuerzos y la anisotropía en la respuesta del suelo [Familiarizarse]

2.3.3. GTE/Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Planificación de la investigación del subsuelo, métodos de perforación y muestreo, programas de ensayos de laboratorio y preparación de informes geotécnicos; ensayos in situ -SPT, CPT, veleta y presurímetro-, métodos geofísicos, monitoreo de aguas subterráneas e investigación de canteras.
Temas:
Core

- Planificación de la investigación y determinación del alcance
- Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo
- Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas
- Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones
- Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos
- Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono
- Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro
- Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad
- Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros
- Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos
- Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación
- Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar]

2. Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse]
3. Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar]
4. Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar]
5. Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar]
6. Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar]
7. Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar]
8. Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar]
9. Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar]
10. Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar]
11. Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar]
12. Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

2.3.4. GTE/Capacidad Portante y Diseño (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Teoría de capacidad portante, ecuaciones de capacidad última, análisis de asentamientos y asentamientos diferenciales admisibles; diseño de zapatas aisladas, combinadas, cimentaciones tipo losa y cimientos corridos, incluyendo carga excéntrica e interacción suelo-estructura.

Temas:

Core

- Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla
- Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones
- Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación
- Diseño de zapatas aisladas
- Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace
- Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad
- Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa
- Efectos de carga excéntrica e inclinada
- Efectos de interacción suelo-estructura
- Asentamientos diferenciales y límites tolerables
- Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse]
2. Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar]
3. Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar]
4. Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar]
5. Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar]
6. Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar]
7. Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar]
8. Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar]
9. Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse]
10. Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar]
11. Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

2.3.5. GTE/Cimentaciones Profundas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de cimentaciones por pilotes y pilotes perforados, incluyendo capacidad axial y lateral, efecto de grupo y ensayos de carga.

Temas:

Core

- Tipos de pilotes y métodos de instalación

- Capacidad axial de pilotes individuales en suelos cohesivos y granulares
- Capacidad a carga lateral y método p-y
- Comportamiento de grupos de pilotes y eficiencia del grupo
- Diseño de pilotes perforados y consideraciones de construcción
- Fricción negativa y fuerzas de arrastre hacia abajo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Seleccionar tipos de pilotes apropiados basándose en condiciones del suelo y cargas [Familiarizarse]
2. Calcular la capacidad axial de pilotes usando métodos estáticos [Evaluar]
3. Analizar pilotes cargados lateralmente usando curvas p-y [Usar]
4. Evaluar la capacidad y asentamiento de grupos de pilotes [Evaluar]
5. Diseñar cimentaciones con pilotes perforados, incluyendo diámetro y refuerzo del fuste [Usar]
6. Interpretar resultados de ensayos de carga en pilotes y verificar supuestos de diseño [Evaluar]

2.3.6. GTE/Sistemas de Retención de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Teoría de presiones de tierra y diseño de muros de retención, muros anclados y sistemas de tierra mecánicamente estabilizada.
Temas:
Core

- Teoría de presiones de tierra, incluyendo presiones activa y pasiva
- Tipos de muros de retención y criterios de selección
- Métodos de ensayo de carga, incluyendo pruebas estáticas y dinámicas
- Muros anclados y sistemas con anclaje posterior
- Muros de tierra mecánicamente estabilizada y sistemas de suelo reforzado
- Diseño de muros de sótano y de fundación considerando condiciones de restricción en la cabeza del muro
- Diseño de muros de contención con contrafuertes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar teorías de presión lateral de tierra para el diseño de muros de retención [Evaluar]
2. Diseñar muros de retención de gravedad y en voladizo [Usar]
3. Diseñar sistemas de muros anclados, incluyendo capacidad de anclajes al terreno [Evaluar]
4. Dimensionar muros de tierra mecánicamente estabilizada y seleccionar refuerzo [Usar]
5. Diseñar muros de sótano y de fundación considerando la restricción en la cabeza del muro, sobrecarga y presión hidrostática [Evaluar]
6. Diseñar muros de contención con contrafuertes, incluyendo pantalla, talón, puntera y contrafuertes [Usar]

2.3.7. GTE/Análisis y Estabilización de Taludes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis de taludes infinitos, método de las dovelas, superficies de falla, factor de seguridad y cartas de estabilidad; tipos de deslizamientos, estabilidad sísmica de taludes, métodos de estabilización, monitoreo y análisis probabilístico.
Temas:
Core

- Análisis de taludes infinitos para geometrías simples
- Método de las dovelas y análisis de equilibrio límite
- Superficies de falla circulares y no circulares
- Determinación del factor de seguridad y criterios de aceptación
- Cartas de estabilidad y métodos simplificados
- Tipos de deslizamientos y mecanismos de falla
- Estabilidad sísmica de taludes y análisis pseudo-estático
- Métodos de estabilización, incluyendo drenaje y refuerzo

- Sistemas de monitoreo y alerta temprana para taludes inestables
- Análisis probabilístico de estabilidad de taludes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar análisis de estabilidad de taludes infinitos para taludes uniformes [Evaluar]
2. Aplicar el método de las dovelas para analizar la estabilidad de taludes [Usar]
3. Analizar taludes con superficies de falla circulares y no circulares [Evaluar]
4. Calcular factores de seguridad e interpretar los resultados [Usar]
5. Usar cartas de estabilidad para evaluación rápida de taludes [Evaluar]
6. Identificar tipos de deslizamientos y sus características distintivas [Familiarizarse]
7. Evaluar la estabilidad sísmica usando métodos pseudo-estáticos [Usar]
8. Diseñar medidas de estabilización de taludes para modos de falla específicos [Evaluar]
9. Implementar sistemas de monitoreo para taludes potencialmente inestables [Usar]
10. Conducir análisis probabilístico de estabilidad considerando la incertidumbre de los parámetros [Evaluar]

2.3.8. GTE/Ingeniería Geotécnica Sísmica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Sistemas dinámicos de un grado de libertad, propagación de ondas en depósitos de suelo y respuesta de sitio ante movimiento sísmico; susceptibilidad y evaluación del potencial de licuefacción, sus efectos en estructuras e infraestructura, y propiedades dinámicas del suelo obtenidas en laboratorio y campo; mejoramiento del terreno para mitigación de licuefacción, desplazamiento lateral, asentamiento sísmico, diseño basado en desempeño, y diseño de cimentaciones de maquinaria bajo cargas dinámicas.

Temas:
Core

- Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo
- Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno
- Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño
- Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes
- Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción
- Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura
- Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio
- Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas
- Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción
- Desplazamiento lateral y fallas por flujo
- Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante
- Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos de suelo [Usar]
2. Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse]
3. Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar]
4. Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar]
5. Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar]
6. Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse]
7. Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar]
8. Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar]
9. Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar]
10. Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar]
11. Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar]
12. Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]

2.3.9. GTE/Técnicas de Mejoramiento de Suelos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos de compactación, columnas de grava, precarga con drenes verticales, mezcla profunda e inyección a alta presión, y estabilización química.

Temas:

Core

- Métodos de compactación, incluyendo técnicas dinámicas y vibratorias
- Columnas de grava y métodos de vibro-sustitución
- Precarga y drenes verticales para tratamiento de suelos blandos
- Técnicas de mezcla profunda e inyección a alta presión (jet grouting)
- Estabilización química y métodos de inyección

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar métodos apropiados de mejoramiento de suelos para condiciones específicas [Familiarizarse]
2. Diseñar sistemas de columnas de grava para reducción de asentamientos [Evaluar]
3. Calcular la reducción del tiempo de consolidación usando drenes verticales [Usar]
4. Identificar tipos de geosintéticos y sus aplicaciones ingenieriles [Familiarizarse]
5. Dimensionar el refuerzo para estructuras de tierra mecánicamente estabilizada [Evaluar]

2.3.10. GTE/Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Identificación, comportamiento ingenieril e implicancias para el diseño de cimentaciones de suelos que presentan riesgos especiales -suelos expansivos, colapsables y dispersivos, y rellenos de ingeniería-, junto con los criterios de clasificación de suelos de cimentación e investigación utilizados según la Norma E.050 del RNE del Perú.

Temas:

Core

- Tipos de suelos de cimentación y caracterización del sitio a partir de planos geológicos y datos del subsuelo
- Clasificación de suelos de cimentación y requisitos de investigación según la Norma E.050 del RNE
- Identificación y mineralogía de suelos expansivos (suelos hinchables)
- Ensayos de potencial de expansión y medidas de diseño de cimentación para suelos expansivos
- Identificación y comportamiento de suelos colapsables (metaestables)
- Identificación y tratamiento de suelos dispersivos
- Especificación y control de calidad de rellenos de ingeniería para soporte de cimentaciones

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar suelos de cimentación utilizando planos geológicos y datos de investigación del subsuelo [Familiarizarse]
2. Aplicar los criterios de la Norma E.050 del RNE para clasificar suelos de cimentación y definir los requisitos de investigación [Evaluar]
3. Identificar suelos expansivos a partir de su mineralogía y datos de ensayos índice [Usar]
4. Diseñar cimentaciones para suelos expansivos con base en resultados de ensayos de potencial de expansión [Evaluar]
5. Reconocer el comportamiento de suelos colapsables y dispersivos a partir de indicadores de campo y laboratorio [Familiarizarse]
6. Especificar los requisitos de relleno de ingeniería para soporte de cimentaciones [Usar]

2.3.11. GTE/Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Condiciones de contorno, construcción por etapas, interacción suelo-estructura y modelos numéricos unidimensionales; modelos numéricos bidimensionales, análisis dinámico y modelos constitutivos de suelos para análisis geotécnico no lineal.

Temas:

Core

- Condiciones de contorno, estado de esfuerzos inicial y construcción por etapas (secuencia de excavación y relleno) en modelos geotécnicos de elementos finitos
- Modelamiento de la interacción suelo-estructura: elementos de interfaz y comportamiento de contacto entre el suelo y elementos estructurales
- Modelos numéricos unidimensionales para consolidación e interacción pilote-suelo bajo carga axial
- Modelos numéricos bidimensionales en deformación plana para excavaciones, terraplenes y estructuras de retención
- Análisis numérico dinámico de la respuesta sísmica de sitio y la interacción dinámica suelo-estructura
- Modelos constitutivos de suelos: Mohr-Coulomb, Cam-Clay y Hardening Soil Model para análisis geotécnico no lineal

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar las condiciones de contorno, el estado de esfuerzos inicial y la secuencia de construcción por etapas requeridos en modelos geotécnicos de elementos finitos [Familiarizarse]
2. Modelar la interacción suelo-estructura utilizando elementos de interfaz en una malla de elementos finitos [Usar]
3. Formular modelos unidimensionales de elementos finitos para problemas de consolidación e interacción pilote-suelo [Usar]
4. Desarrollar modelos bidimensionales de elementos finitos en deformación plana para problemas de excavación, terraplenes y estructuras de retención [Usar]
5. Analizar la respuesta dinámica de sistemas geotécnicos mediante análisis numérico dinámico [Evaluar]
6. Seleccionar y aplicar modelos constitutivos de suelos apropiados (Mohr-Coulomb, Cam-Clay, Hardening Soil Model) en análisis no lineal de elementos finitos [Usar]

2.3.12. GTE/Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Conceptos fundamentales, función, tipología y zonificación de presas de tierra y enrocado (presas de materiales sueltos) dentro de la infraestructura de recursos hídricos.

Temas:

Core

- Definición, función y rol de las presas de tierra dentro de la infraestructura de recursos hídricos
- Tipología de presas de materiales sueltos: presas homogéneas y zonificadas de tierra/enrocado, y criterios de selección
- Zonificación de la presa: núcleo, espaldones, filtros, drenes y zonas de transición
- Factores de selección de sitio y consideraciones de factibilidad del embalse/eje de presa

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la función de las presas de tierra y su rol dentro de la infraestructura de recursos hídricos [Familiarizarse]
2. Clasificar las presas de materiales sueltos por tipo y seleccionar una tipología apropiada según las condiciones de sitio y materiales [Evaluar]
3. Describir la zonificación de una presa de tierra y la función de cada zona (núcleo, espaldones, filtros, drenes) [Familiarizarse]
4. Evaluar los factores de selección de sitio que determinan el tipo y ubicación de la presa [Usar]

2.3.13. GTE/Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Caracterización geotécnica de las condiciones de fundación y de los materiales de construcción específicos del diseño de presas de materiales sueltos, incluyendo idoneidad de materiales de cantera y evaluación de dispersividad.

Temas:

Core

- Caracterización geotécnica de la fundación: condiciones de fundación en roca y suelo para presas de materiales sueltos
- Caracterización de materiales de cantera para las zonas de núcleo, espaldón y filtro
- Propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de relleno compactado
- Caracterización de la permeabilidad de los materiales de fundación y del terraplén
- Identificación de suelos dispersivos y evaluación de la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Caracterizar las condiciones de suelo y roca de la fundación relevantes para el diseño de presas de materiales sueltos [Evaluar]
2. Evaluar fuentes de material de cantera para su idoneidad como material de núcleo, espaldón o filtro [Usar]
3. Determinar las propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de terraplén compactado [Evaluar]
4. Evaluar el potencial de dispersividad y la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo [Usar]

2.3.14. GTE/Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño geotécnico de presas de materiales sueltos, incluyendo análisis y control de filtraciones, diseño de filtros y drenes, estabilidad de taludes de la presa, consideraciones sísmicas y borde libre/asentamientos.

Temas:

Core

- Análisis de filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo y métodos numéricos
- Medidas de control de filtraciones: diseño del núcleo, pantallas de impermeabilización y cortinas de inyecciones
- Criterios de diseño de filtros y drenes para prevenir la erosión interna y el sifonamiento (piping)
- Análisis de estabilidad de taludes aguas arriba y aguas abajo de la presa bajo condiciones estáticas y de vaciado rápido
- Consideraciones de diseño sísmico y análisis de deformaciones para presas de materiales sueltos
- Determinación del borde libre y tolerancia de asentamientos/contraflecha en el diseño del terraplén

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Analizar las filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo o modelos numéricos de filtración [Evaluar]
2. Diseñar medidas de control de filtraciones incluyendo núcleos impermeables, pantallas y cortinas de inyecciones [Usar]
3. Diseñar las zonas de filtro y dren según criterios de sifonamiento y erosión interna [Evaluar]
4. Evaluar la estabilidad de taludes de la presa bajo condiciones de filtración en régimen permanente, vaciado rápido y fin de construcción [Usar]
5. Incorporar la carga sísmica y el análisis de deformaciones en el diseño de la presa de materiales sueltos [Evaluar]

6. Determinar el borde libre y las tolerancias de asentamiento para el diseño del terraplén [Usar]

2.3.15. GTE/Instrumentación y Monitoreo de Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Sistemas de instrumentación y programas de monitoreo del comportamiento de presas de materiales sueltos durante la construcción y la operación.

Temas:

Core

- Planificación de la instrumentación: objetivos, parámetros a monitorear y selección de instrumentos
- Piezómetros y sistemas de medición de presión de poros
- Monitoreo de asentamientos y deformaciones: hitos superficiales, inclinómetros y extensómetros
- Monitoreo del caudal de filtración mediante vertederos y dispositivos de medición de caudal
- Adquisición de datos, automatización e interpretación de los registros de monitoreo
- Valores umbral (de alerta/alarma) y criterios de evaluación del comportamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Planificar un programa de instrumentación definiendo los objetivos y parámetros de monitoreo [Usar]
2. Seleccionar y ubicar piezómetros para monitorear la presión de poros dentro del terraplén y la fundación [Evaluar]
3. Especificar instrumentos de monitoreo de deformaciones (hitos, inclinómetros, extensómetros) para una presa de materiales sueltos [Usar]
4. Monitorear el caudal de filtración e interpretar tendencias respecto a las condiciones basales [Evaluar]
5. Interpretar los datos de monitoreo y establecer valores umbral para las alertas de seguridad de la presa [Usar]

2.3.16. GTE/Construcción de Presas de Tierra (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos constructivos, control de calidad y tratamiento de fundación para la construcción de presas de materiales sueltos.

Temas:

Core

- Preparación y tratamiento de la fundación: descapote, inyecciones y excavación de la trinchera de impermeabilización
- Colocación y compactación de los materiales de núcleo, filtro y espaldón
- Control de calidad de la compactación en campo y ensayos de aceptación
- Secuencia constructiva, construcción por etapas y desvío del río durante la construcción
- Monitoreo durante la etapa constructiva y verificación de planos conforme a obra

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Especificar los métodos de tratamiento de la fundación, incluyendo la excavación de la trinchera de impermeabilización y las inyecciones [Usar]
2. Controlar la colocación y compactación del relleno para cumplir las especificaciones de diseño [Evaluar]
3. Verificar la calidad de la compactación mediante ensayos de aceptación en campo [Usar]
4. Secuenciar la construcción del terraplén considerando la construcción por etapas y el desvío del río [Evaluar]

2.3.17. GTE/Operación y Gestión de la Seguridad de Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Vigilancia operacional, evaluación de riesgos y planificación de emergencias para la gestión de la seguridad de presas a lo largo de su vida útil.
Temas:
Core

- Programas de vigilancia de presas: inspección visual y procedimientos de evaluación periódica
- Evaluación de riesgos y clasificación de peligro de presas
- Planes de acción de emergencia y mapeo de peligro/inundación aguas abajo
- Marco regulatorio y programas de seguridad de presas (p. ej., regulaciones de seguridad de presas de la ANA del Perú)
- Rehabilitación, desmantelamiento y gestión de infraestructura envejecida de presas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar inspecciones de vigilancia de la presa y evaluar indicadores de comportamiento [Usar]
2. Clasificar el potencial de peligro de la presa y evaluar los riesgos asociados [Evaluar]
3. Desarrollar un plan de acción de emergencia que incluya el mapeo de inundación aguas abajo [Usar]
4. Aplicar los requisitos regulatorios de seguridad de presas a una presa en operación [Evaluar]
5. Proponer medidas de rehabilitación para infraestructura de presas envejecida o deficiente [Usar]

2.3.18. GTE/Geosintéticos para Ingeniería Geotécnica

Tipos de geosintéticos, diseño de estructuras de suelo reforzado, sistemas de filtración y drenaje, refuerzo basal y desempeño a largo plazo.
Temas:
Core

- Tipos de geosintéticos y propiedades del material
- Funciones de refuerzo y diseño de estructuras de suelo reforzado
- Diseño de geosintéticos para filtración, drenaje y separación
- Refuerzo basal y diseño con geomallas
- Desempeño a largo plazo y durabilidad de los geosintéticos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar mezcla profunda e inyección a alta presión para estabilización de suelos [Usar]
2. Especificar métodos de estabilización química y parámetros de inyección [Evaluar]
3. Diseñar sistemas de filtración y drenaje con geosintéticos [Usar]
4. Analizar terraplenes con refuerzo basal usando métodos de equilibrio límite [Evaluar]
5. Evaluar la durabilidad a largo plazo y los factores de reducción para geosintéticos [Familiarizarse]

2.4. Geología General (GGL)

Esta área de conocimiento cubre los materiales, procesos y estructuras fundamentales de la Tierra relevantes para la ingeniería civil: minerales, rocas, estructuras geológicas, procesos superficiales, tiempo geológico y los fundamentos descriptivos de la caracterización geológica de sitios, como base previa y complementaria del diseño geotécnico aplicado cubierto en GTE.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.4.1 Mineralogía (Pág. 46)	1	1
⭐ 2.4.2 Petrología y el Ciclo de las Rocas (Pág. 46)	1	1
⭐ 2.4.3 Geología Estructural (Pág. 47)	1	1
⭐ 2.4.4 Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (Pág. 47)	1	1
⭐ 2.4.5 Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica (Pág. 48)	1	1
⭐ 2.4.6 Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos (Pág. 48)	1	1
⭐ 2.4.7 Geología Aplicada (Pág. 49)	1	1
⭐ 2.4.8 Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada (Pág. 49)	1	1
⭐ 2.4.9 Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica (Pág. 50)	1	1
⭐ 2.4.10 Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción (Pág. 50)	1	1
⭐ 2.4.11 Geología Aplicada a Carreteras y Canales (Pág. 50)	1	1
⭐ 2.4.12 Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas (Pág. 51)	1	1
⭐ 2.4.13 Peligros Geológicos y Movimientos de Masa (Pág. 51)	1	1

Cuadro 2.4: Lista de KUs del área de Geología General.

2.4.1. GGL/Mineralogía (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estudio de los minerales formadores de rocas más comunes, sus propiedades físicas distintivas y los métodos prácticos de identificación mineral relevantes para la ingeniería civil.

Temas:

Core

- Estructura cristalina y hábito de los minerales
- Grupos principales de minerales formadores de rocas: silicatos, carbonatos, óxidos y sulfatos
- Escala de dureza de Mohs y ensayos de rayado
- Exfoliación, fractura y otras propiedades físicas diagnósticas
- Brillo, color y raya como criterios de identificación
- Composición química básica y reacción con ácido clorhídrico diluido

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar los minerales formadores de rocas más comunes usando propiedades físicas [Familiarizarse]
2. Aplicar la escala de Mohs para determinar la dureza relativa de muestras minerales [Usar]
3. Distinguir minerales similares mediante exfoliación, fractura y brillo [Evaluar]
4. Relacionar la composición mineral de una roca con su comportamiento ingenieril esperado [Familiarizarse]
5. Realizar ensayos de campo simples (rayado, ácido, brillo) para identificación mineral [Usar]

2.4.2. GGL/Petrología y el Ciclo de las Rocas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Procesos de formación, clasificación y propiedades ingenieriles de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, y su relación cíclica dentro del ciclo litológico.

Temas:

Core

- Clasificación de rocas ígneas intrusivas y extrusivas por textura y composición
- Procesos de formación de rocas sedimentarias: erosión, transporte, depositación y litificación
- Clasificación de rocas sedimentarias clásticas, químicas y bioquímicas
- Procesos metamórficos: metamorfismo de contacto y regional
- Clasificación de rocas metamórficas foliadas y no foliadas
- El ciclo de las rocas y las transformaciones entre tipos litológicos
- Propiedades ingenieriles relevantes de las rocas: resistencia, durabilidad y alterabilidad

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar muestras de mano de rocas ígneas según su textura y composición mineral [Evaluar]
2. Explicar los procesos de formación de las rocas sedimentarias y su significado ingenieril [Familiarizarse]
3. Reconocer texturas metamórficas foliadas y no foliadas en muestras de mano [Usar]
4. Trazar las trayectorias del ciclo de las rocas entre los tres grupos litológicos [Familiarizarse]
5. Evaluar cualitativamente la aptitud de un tipo de roca para uso como material de construcción o cimentación [Evaluar]

2.4.3. GGL/Geología Estructural (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios de esfuerzo y deformación en la corteza terrestre, y la identificación e interpretación de estructuras geológicas -pliegues, fallas y diaclasas- relevantes para el análisis de la estabilidad de macizos rocosos y la selección de sitios de infraestructura.
Temas:
Core

- Conceptos de esfuerzo y deformación en rocas
- Tipos de pliegues: anticlinales, sinclinales y sus elementos geométricos
- Tipos de fallas: normales, inversas y de rumbo
- Sistemas de diaclasas y su influencia en la resistencia del macizo rocoso
- Medición e interpretación del rumbo y buzamiento
- Discordancias y su significado en la historia geológica
- Influencia de las estructuras geológicas en la estabilidad de taludes y excavaciones

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diferenciar pliegues, fallas y diaclasas a partir de sus rasgos geométricos [Familiarizarse]
2. Medir el rumbo y buzamiento de planos geológicos usando la brújula geológica (tipo Brunton) [Usar]
3. Interpretar la orientación de discontinuidades estructurales respecto a una excavación o talud [Evaluar]
4. Evaluar la influencia de los sistemas de diaclasas en la estabilidad de un macizo rocoso [Evaluar]
5. Reconocer discordancias y relacionarlas con la historia geológica regional [Familiarizarse]

2.4.4. GGL/Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Procesos de meteorización física, química y biológica de los materiales terrestres, formas del relieve resultantes y procesos de erosión superficial relevantes para la evaluación de condiciones de sitio en proyectos de ingeniería civil.
Temas:
Core

- Meteorización física: fragmentación térmica, gelifracción y descompresión
- Meteorización química: hidrólisis, oxidación y disolución
- Meteorización biológica y bioerosión
- Formación de suelos residuales a partir de la meteorización in situ
- Principales formas del relieve: valles, terrazas, abanicos aluviales y conos de deyección
- Procesos de erosión hídrica, eólica y procesos de remoción en masa

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Distinguir los tipos de meteorización física, química y biológica presentes en un afloramiento [Familiarizarse]
2. Relacionar el grado de meteorización de una roca con la calidad esperada de un macizo rocoso [Usar]
3. Identificar formas del relieve y su origen geomorfológico [Familiarizarse]
4. Evaluar la susceptibilidad de una ladera a procesos erosivos y de remoción en masa [Evaluar]

5. Aplicar criterios de clasificación de meteorización para estimar la durabilidad de materiales rocosos en taludes [Usar]

2.4.5. GGL/Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios de estratigrafía y geocronología relativa, y las técnicas fundamentales de lectura e interpretación de mapas geológicos, columnas estratigráficas y secciones transversales geológicas.
Temas:
Core

- Escala del tiempo geológico y magnitud del tiempo profundo
- Principios de datación relativa: superposición, horizontalidad original y relaciones de corte
- Elaboración e interpretación de columnas estratigráficas
- Simbología y convenciones de los mapas geológicos
- Construcción de secciones transversales geológicas a partir de mapas
- Discontinuidades estratigráficas y su expresión en mapas geológicos
- Técnicas básicas de cartografía geológica de campo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar los principios de la datación relativa para establecer secuencias estratigráficas [Familiarizarse]
2. Leer e interpretar mapas geológicos estándar, incluyendo su simbología y leyenda [Usar]
3. Construir una sección transversal geológica a partir de un mapa geológico y datos de rumbo/buzamiento [Evaluar]
4. Correlacionar unidades estratigráficas entre columnas de diferentes localidades [Evaluar]
5. Aplicar técnicas básicas de cartografía geológica de campo para un levantamiento simple [Usar]

2.4.6. GGL/Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Conceptos introductorios sobre la ocurrencia y el movimiento del agua superficial y subterránea en relación con los materiales geológicos -porosidad, permeabilidad, nivel freático y manantiales- como base descriptiva previa a la hidrología e hidrogeología aplicadas de ingeniería.
Temas:
Core

- Porosidad y permeabilidad de suelos y rocas
- Concepto de nivel freático y zona no saturada
- Conceptos básicos de acuífero, acuitardo y acuicludo
- Manantiales, filtraciones y su relación con el contexto geológico
- Patrones de drenaje superficial y su relación con la litología y estructura
- Interacción agua-roca y su influencia en la meteorización

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diferenciar los conceptos de porosidad y permeabilidad para distintos materiales geológicos [Familiarizarse]
2. Describir la posición del nivel freático y su variación estacional en un sitio dado [Familiarizarse]
3. Relacionar la aparición de manantiales y filtraciones con el contexto geológico e hidrogeológico local [Usar]
4. Identificar patrones de drenaje superficial característicos de diferentes condiciones geológicas [Evaluar]
5. Explicar conceptualmente la interacción agua-roca y su papel en la meteorización química [Familiarizarse]

2.4.7. GGL/Geología Aplicada (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Introducción a la aplicación de la geología general en la caracterización preliminar de sitios para obras de ingeniería civil, incluyendo el reconocimiento geológico de campo, la clasificación descriptiva de macizos rocosos y la identificación de peligros geológicos, como preámbulo descriptivo a la investigación geotécnica aplicada.

Temas:

Core

- Reconocimiento geológico preliminar de sitio
- Descripción cualitativa de macizos rocosos: grado de fracturamiento y meteorización
- Tipos de peligros geológicos: deslizamientos, caída de rocas, actividad sísmica y volcánica
- Uso de fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos en el reconocimiento geológico
- Elementos básicos de un informe geológico preliminar de sitio
- Uso de herramientas de campo: brújula geológica, GPS, lupa de mano y martillo de geólogo
- Influencia de las condiciones geológicas en la selección de sitios para infraestructura

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Conducir un reconocimiento geológico preliminar de un sitio de interés para ingeniería civil [Usar]
2. Describir cualitativamente el grado de fracturamiento y meteorización de un macizo rocoso [Evaluar]
3. Reconocer los principales tipos de peligros geológicos que pueden afectar una obra de infraestructura [Familiarizarse]
4. Utilizar herramientas básicas de campo para el levantamiento de información geológica [Usar]
5. Elaborar un informe geológico preliminar de sitio con recomendaciones básicas para estudios posteriores [Evaluar]

2.4.8. GGL/Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Caracterización de campo de discontinuidades y calidad de macizos rocosos, sistemas estándar de clasificación de macizos rocosos, e influencia del origen geológico y la meteorización en el comportamiento ingenieril de rocas y suelos, como vínculo entre la geología descriptiva y la mecánica de rocas y suelos aplicada.

Temas:

Core

- Caracterización de discontinuidades del macizo rocoso: orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, apertura y relleno
- Designación de Calidad de Roca (RQD) y registro geotécnico de testigos
- Sistemas de clasificación de macizos rocosos: RMR, sistema Q y GSI
- Estimación de la resistencia y deformabilidad del macizo rocoso mediante el criterio de Hoek-Brown
- Influencia del grado de meteorización en el comportamiento mecánico del macizo rocoso
- Influencia del origen geológico -residual versus transportado- en las propiedades ingenieriles del suelo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Caracterizar las discontinuidades del macizo rocoso a partir de datos de campo o de testigos [Usar]
2. Determinar el RQD y clasificar la calidad del macizo rocoso usando los sistemas RMR, Q y GSI [Evaluar]
3. Estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo rocoso usando el criterio de Hoek-Brown [Evaluar]
4. Relacionar el grado de meteorización con el comportamiento mecánico esperado del macizo rocoso [Familiarizarse]
5. Relacionar el origen geológico de un suelo con sus propiedades ingenieriles esperadas [Usar]

2.4.9. GGL/Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propósito, tipos y elaboración de mapas geológico-ingenieriles y geotécnicos para la planificación de infraestructura y la zonificación de peligros geotécnicos, extendiendo la lectura básica de mapas geológicos hacia mapas elaborados específicamente para la toma de decisiones de ingeniería.

Temas:

Core

- Tipos y propósitos de los mapas geológico-ingenieriles y geotécnicos
- Zonificación geotécnica y microzonificación para la planificación urbana y de infraestructura
- Simbología y leyendas especializadas para mapas geológico-ingenieriles
- Uso de SIG y herramientas de sensoramiento remoto en la cartografía geotécnica

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Distinguir los tipos y propósitos de los mapas geológico-ingenieriles y geotécnicos [Familiarizarse]
2. Elaborar un mapa básico de zonificación geotécnica para un área de proyecto [Usar]
3. Aplicar herramientas SIG para recopilar y presentar información de cartografía geotécnica [Usar]

2.4.10. GGL/Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Evaluación geológica de suelos y rocas como recursos naturales para la construcción: fuentes de agregados y canteras, piedra de dimensión, y criterios básicos de control de calidad para su uso en obras de ingeniería civil.

Temas:

Core

- Fuentes geológicas y evaluación de calidad de agregados para concreto y construcción
- Selección de sitio y evaluación geológica de canteras y áreas de préstamo
- Piedra de dimensión y otros recursos de roca y suelo utilizados en construcción
- Criterios y ensayos básicos de control de calidad para fuentes de materiales de construcción

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Evaluar fuentes geológicas de agregados y materiales de construcción en cuanto a calidad e idoneidad [Usar]
2. Seleccionar y evaluar sitios de canteras y áreas de préstamo según criterios geológicos [Evaluar]
3. Aplicar criterios básicos de control de calidad a fuentes de materiales de construcción [Familiarizarse]

2.4.11. GGL/Geología Aplicada a Carreteras y Canales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de la geología a la ubicación, diseño y construcción de infraestructura lineal -carreteras y canales- incluyendo la selección del trazo, la estabilidad de taludes de corte y las condiciones de cimentación de terraplenes.

Temas:

Core

- Consideraciones geológicas para la selección del trazo de carreteras
- Condiciones geológicas e hidrogeológicas para la ubicación de canales y el control de filtraciones
- Controles geológico-estructurales sobre la estabilidad de taludes de corte a lo largo de corredores de transporte
- Condiciones geológicas y geotécnicas para la cimentación de terraplenes de carreteras y canales
- Cartografía geológico-ingenieril e identificación de peligros a lo largo de corredores de infraestructura lineal

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Evaluar las condiciones geológicas para sustentar la selección del trazo de carreteras y canales [Evaluar]
2. Evaluar las condiciones de filtración y cimentación para el diseño de canales a partir del levantamiento geológico [Usar]
3. Analizar los controles geológico-estructurales sobre la estabilidad de taludes de corte a lo largo de un corredor de transporte [Evaluar]
4. Elaborar un mapa geológico-ingenieril que identifique los peligros a lo largo de un corredor de infraestructura lineal [Usar]

2.4.12. GGL/Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de la geología a la selección de sitio y la caracterización geológica de obras de infraestructura mayor -puentes, túneles y presas- a lo largo de las fases de un proyecto, desde el reconocimiento hasta el diseño.

Temas:

Core

- Estudios geológico-ingenieriles requeridos en cada fase de un proyecto de infraestructura: reconocimiento, factibilidad, diseño y construcción
- Consideraciones geológicas y del macizo rocoso para el trazo, el método de excavación y la selección del sostenimiento de túneles
- Ubicación geológica y caracterización de la cimentación y estribos de presas
- Geología del vaso de embalse: filtraciones, peligros de deslizamientos inducidos por el embalse y fuentes de sedimentación
- Consideraciones geológicas para la selección del sitio de puentes y las condiciones de cimentación de pilares y estribos
- Criterios geológicos comparativos para seleccionar sitios y trazos entre alternativas de infraestructura

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar los estudios geológico-ingenieriles requeridos en cada fase de un proyecto de infraestructura [Familiarizarse]
2. Evaluar las condiciones del macizo rocoso relevantes para el método de excavación y la selección del sostenimiento de túneles [Evaluar]
3. Caracterizar la idoneidad geológica de un sitio para la cimentación y los estribos de una presa [Evaluar]
4. Evaluar los peligros geológicos asociados al embalse, incluyendo el riesgo de deslizamientos inducidos por el llenado [Usar]
5. Evaluar las condiciones geológicas relevantes para la ubicación de la cimentación de puentes [Usar]

2.4.13. GGL/Peligros Geológicos y Movimientos de Masa (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Clasificación, reconocimiento y evaluación de peligro/susceptibilidad de movimientos de masa y otros peligros geológicos relevantes para la infraestructura civil, extendiendo el conocimiento básico de tipos de peligro introducido en GGL.EngineeringGeologyBasics hacia una clasificación, cartografía y mitigación sistemática de peligros.

Temas:

Core

- Clasificación de movimientos de masa: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos y esparcimientos laterales
- Factores detonantes y condicionantes de los movimientos de masa: geológicos, hidrológicos y sísmicos
- Reconocimiento de campo de la morfología de deslizamientos e indicadores de inestabilidad activa o pasada

- Peligros geológicos por actividad sísmica y volcánica relevantes para la infraestructura civil
- Mapeo de susceptibilidad y zonificación de riesgo de peligros geológicos
- Panorama de medidas de mitigación estructurales y no estructurales para peligros geológicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar los movimientos de masa según su mecanismo y tipo de material [Evaluar]
2. Identificar los factores detonantes y condicionantes de los movimientos de masa en un sitio dado [Familiarizarse]
3. Reconocer los indicadores de campo de la morfología de deslizamientos y la inestabilidad de taludes [Usar]
4. Elaborar un mapa de susceptibilidad a peligros geológicos para un área de proyecto [Evaluar]
5. Proponer medidas de mitigación apropiadas para un tipo específico de peligro geológico [Usar]

2.5. Ingeniería de Recursos Hídricos e Hidráulica (WRH)

Esta área de conocimiento abarca el análisis, diseño y gestión de sistemas de recursos hídricos, estructuras hidráulicas y redes de distribución de agua para el suministro sostenible de agua, control de inundaciones y protección ambiental.

Área de Conocimiento (KA)	**Core Tier1**	**Core Tier2**
⭐ 2.5.1 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (Pág. 52)	1	1
⭐ 2.5.2 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (Pág. 53)	1	1
⭐ 2.5.3 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (Pág. 53)	1	1
⭐ 2.5.4 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (Pág. 53)	1	1
⭐ 2.5.5 Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (Pág. 54)	1	1
⭐ 2.5.6 Diseño de Estructuras Hidráulicas (Pág. 54)	1	1
⭐ 2.5.7 Sistemas de Agua Urbanos (Pág. 55)	1	1
⭐ 2.5.8 Hidrología Subterránea (Pág. 55)	1	1
⭐ 2.5.9 Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (Pág. 56)	1	1
⭐ 2.5.10 Demanda Agrícola de Agua (Pág. 56)	1	1
⭐ 2.5.11 Diseño de Sistemas de Riego (Pág. 57)	1	1
⭐ 2.5.12 Drenaje Agrícola y Subsuperficial (Pág. 57)	1	1
⭐ 2.5.13 Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala (Pág. 58)	1	1
2.5.14 Ingeniería Costera y de Planicies de Inundación (Pág. 58)	Electivo	

Cuadro 2.5: Lista de KUs del área de Ingeniería de Recursos Hídricos e Hidráulica.

2.5.1. WRH/Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico
- Medición y análisis de precipitación
- Estimación de evaporación y evapotranspiración
- Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse]
2. Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar]
3. Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar]
4. Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]

2.5.2. WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario
- Modelación de cuencas y simulación hidrológica
- Medición de caudal y técnicas de aforo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar]
2. Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar]
3. Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]

2.5.3. WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño
- Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses
- Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar]
2. Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar]
3. Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]

2.5.4. WRH/Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios del flujo en canales abiertos, hidráulica de cauces, flujo uniforme y gradualmente variado, y aplicaciones de ingeniería fluvial.

Temas:
Core

- Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos
- Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos
- Flujo uniforme y ecuación de Manning
- Flujo crítico y conceptos de energía específica
- Perfiles de flujo gradualmente variado
- Salto hidráulico y flujo rápidamente variado
- Diseño de cauces para conducción estable
- Transporte de sedimentos en canales abiertos
- Morfología fluvial y estabilidad de cauces
- Análisis de socavación y medidas de protección

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse]
2. Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar]
3. Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar]
4. Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar]
5. Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar]
6. Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar]

7. Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar]
8. Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar]
9. Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse]
10. Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]

2.5.5. WRH/Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis y diseño de redes de tuberías a presión, selección de bombas y curvas del sistema, golpe de ariete y diseño de tuberías.

Temas:

Core

- Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach
- Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías
- Métodos de análisis de redes de tuberías
- Características de bombas y curvas del sistema
- Selección de bombas y requisitos de instalación
- Golpe de ariete y análisis de transitorios
- Diseño de tuberías y selección de materiales
- Bombas de velocidad variable y eficiencia energética
- Modelación y optimización de redes
- Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar]
2. Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar]
3. Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar]
4. Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar]
5. Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar]
6. Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar]
7. Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar]
8. Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar]
9. Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar]
10. Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]

2.5.6. WRH/Diseño de Estructuras Hidráulicas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de presas, vertedores, aliviaderos, compuertas, pozos de amortiguación y otras estructuras de control y conducción hidráulica.

Temas:

Core

- Tipos de presas y criterios de selección
- Hidráulica y diseño de vertedores
- Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas
- Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación
- Hidráulica y diseño de alcantarillas
- Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos
- Obras de salida y estructuras de control
- Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental
- Análisis y prevención de cavitación
- Modelación física hidráulica y efectos de escala

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse]

2. Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar]
3. Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar]
4. Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar]
5. Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar]
6. Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar]
7. Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar]
8. Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar]
9. Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar]
10. Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

2.5.7. WRH/Sistemas de Agua Urbanos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño y análisis de sistemas de distribución de suministro de agua urbana, gestión de aguas pluviales e infraestructura de drenaje urbano.

Temas:

Core

- Estimación de demanda de agua y diseño de sistemas de distribución
- Análisis y modelación de redes de distribución
- Consideraciones de calidad del agua en sistemas de distribución
- Estimación de escorrentía pluvial usando el método racional
- Diseño y análisis hidráulico de alcantarillado pluvial
- Prácticas óptimas de gestión de drenaje urbano
- Modelación avanzada de sistemas de distribución de agua
- Diseño de instalaciones de detención y retención
- Infraestructura verde y desarrollo de bajo impacto
- Sistemas de alcantarillado combinado y control de desbordamientos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Estimar demandas de agua y diseñar la capacidad del sistema de distribución [Evaluar]
2. Analizar redes de distribución para presión y caudal adecuados [Usar]
3. Abordar problemas de calidad del agua, incluyendo desinfección y corrosión [Familiarizarse]
4. Calcular escorrentía pluvial usando el método racional [Evaluar]
5. Diseñar sistemas de alcantarillado pluvial siguiendo principios de la línea de gradiente hidráulico [Usar]
6. Implementar prácticas óptimas de gestión de aguas pluviales para control de escorrentía [Evaluar]
7. Desarrollar modelos avanzados de distribución de agua para optimización del sistema [Usar]
8. Dimensionar cuencas de detención y retención para reducción de caudal pico [Evaluar]
9. Aplicar técnicas de infraestructura verde para gestión sostenible de aguas pluviales [Usar]
10. Evaluar problemas de desbordamientos de alcantarillado combinado y diseñar medidas de control [Evaluar]

2.5.8. WRH/Hidrología Subterránea (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios del flujo de agua subterránea, hidráulica de pozos, evaluación y modelación de acuíferos, e interacción entre aguas subterráneas y superficiales para el aprovechamiento de recursos hídricos.

Temas:

Core

- Tipos de acuíferos: confinados, no confinados y semiconfinados
- Ley de Darcy aplicada al flujo de agua subterránea y conductividad hidráulica
- Hidráulica de pozos: ecuaciones de Theis y Thiem para régimen transitorio y permanente
- Pruebas de bombeo y estimación de parámetros hidrogeológicos (transmisividad, almacenamiento)
- Modelación numérica de flujo subterráneo y balance hídrico de acuíferos
- Interacción entre aguas subterráneas y superficiales y uso conjunto de recursos
- Calidad de agua subterránea y transporte básico de contaminantes

- Diseño y construcción de pozos de abastecimiento
- Gestión sostenible de acuíferos y prevención de sobreexplotación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar tipos de acuíferos y describir sus condiciones de frontera hidráulica [Familiarizarse]
2. Aplicar la ley de Darcy para calcular caudales y velocidades de flujo subterráneo [Usar]
3. Resolver las ecuaciones de Theis y Thiem para determinar el abatimiento en pozos de bombeo [Evaluar]
4. Estimar parámetros hidrogeológicos a partir de datos de pruebas de bombeo [Usar]
5. Modelar el balance hídrico de un acuífero y evaluar escenarios de explotación [Evaluar]
6. Diseñar un pozo de abastecimiento considerando las características del acuífero [Usar]
7. Evaluar la sostenibilidad de la explotación de un acuífero y proponer medidas de gestión [Evaluar]

2.5.9. WRH/Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Metodologías de evaluación económica, financiera y social para la selección de alternativas de proyectos de recursos hídricos, incluyendo indicadores de rentabilidad, análisis de sensibilidad y mecanismos de financiamiento.

Temas:

Core

- Indicadores económicos de evaluación: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo
- Selección de alternativas de proyecto mediante comparación de indicadores económicos
- Análisis de sensibilidad ante variaciones de costos, beneficios y tasa de descuento
- Fuentes de financiamiento y estructuración financiera de proyectos hídricos
- Capacidad de pago de los usuarios y esquemas tarifarios
- Repartición de costos entre beneficiarios en proyectos de propósito múltiple
- Evaluación social de proyectos: teoría del intercambio y precios sociales
- Impactos distributivos y equidad en la evaluación social de proyectos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el VAN, la TIR y la relación Beneficio-Costo de un proyecto de recursos hídricos [Usar]
2. Seleccionar entre alternativas de proyecto con base en indicadores económicos comparados [Evaluar]
3. Realizar un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de un proyecto ante cambios en sus variables clave [Usar]
4. Evaluar fuentes de financiamiento y esquemas tarifarios en función de la capacidad de pago de los usuarios [Evaluar]
5. Repartir costos entre beneficiarios en un proyecto de propósito múltiple [Usar]
6. Aplicar principios de evaluación social para estimar el beneficio neto de un proyecto para la sociedad [Evaluar]

2.5.10. WRH/Demanda Agrícola de Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Relación suelo-agua-planta, estimación de la evapotranspiración y la demanda agrícola, y análisis de oferta y demanda para la planificación de proyectos de riego.

Temas:

Core

- Relación suelo-agua-planta y disponibilidad de agua en el suelo
- Estimación de la evapotranspiración de referencia y de cultivo
- Requerimiento hídrico de cultivos y coeficientes de cultivo
- Balance de oferta y demanda hídrica para un proyecto de riego
- Programación del riego y calendario de cultivos
- Eficiencia de riego a nivel de parcela, conducción y sistema

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la relación suelo-agua-planta y su efecto en la disponibilidad de agua para el cultivo [Familiarizarse]
2. Calcular la evapotranspiración de referencia y de cultivo usando métodos estándar [Usar]
3. Estimar el requerimiento hídrico de un cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo [Evaluar]
4. Desarrollar el balance de oferta y demanda hídrica de un proyecto de riego [Usar]
5. Diseñar un calendario de riego considerando la programación de cultivos [Evaluar]
6. Evaluar la eficiencia de riego de un sistema y proponer mejoras [Usar]

2.5.11. WRH/Diseño de Sistemas de Riego (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de obras de captación (bocatomas, desarenadores) y de sistemas de riego por gravedad y presurizado, incluyendo el diseño agronómico e hidráulico del riego por goteo.
Temas:
Core

- Tipos de obras de captación para riego
- Diseño de bocatomas
- Diseño de desarenadores
- Otras estructuras del sistema de conducción y distribución de riego
- Diseño de sistemas de riego por gravedad
- Diseño de sistemas de riego tecnificado (presurizado)
- Diseño agronómico del riego por goteo
- Diseño hidráulico del riego por goteo: laterales, líneas de distribución y emisores

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Seleccionar el tipo de obra de captación adecuado para las condiciones de un proyecto de riego [Usar]
2. Diseñar una bocatoma y su desarenador asociado [Evaluar]
3. Diseñar un sistema de riego por gravedad para una parcela dada [Usar]
4. Comparar alternativas de riego tecnificado frente al riego por gravedad [Evaluar]
5. Realizar el diseño agronómico de un sistema de riego por goteo [Usar]
6. Diseñar hidráulicamente las líneas laterales y de distribución de un sistema de riego por goteo [Evaluar]

2.5.12. WRH/Drenaje Agrícola y Subsuperficial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de sistemas de drenaje subsuperficial y superficial para tierras agrícolas bajo riego, incluyendo el control del encharcamiento y la salinidad del suelo, como complemento al diseño de sistemas de riego.
Temas:
Core

- Encharcamiento y salinidad: causas y necesidad del drenaje agrícola
- Diseño de sistemas de drenaje subsuperficial (tuberías/drenes): espaciamiento y profundidad de drenes
- Diseño de sistemas de drenaje superficial y zanjas abiertas para campos bajo riego
- Control de la salinidad mediante drenaje y el requerimiento de lavado
- Recolección, disposición y reúso del agua de drenaje

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar las causas del encharcamiento y la salinidad del suelo en tierras bajo riego [Familiarizarse]
2. Diseñar un sistema de drenaje subsuperficial, determinando el espaciamiento y la profundidad de los drenes [Usar]
3. Dimensionar una red de drenaje superficial para un campo bajo riego [Evaluar]

4. Calcular el requerimiento de lavado necesario para controlar la salinidad del suelo [Usar]
5. Proponer un esquema de recolección y disposición del agua de drenaje para un proyecto de riego [Evaluar]

2.5.13. WRH/Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Fundamentos de esquemas de hidroenergía a filo de agua y pequeña escala, incluyendo la estimación del potencial hidroenergético, la configuración del esquema, el diseño de la tubería forzada y la selección de turbinas, como complemento a la infraestructura de riego y agua rural.

Temas:

Core

- Estimación del potencial hidroenergético a partir de la caída y la curva de duración de caudales
- Configuración de un esquema de hidroenergía a filo de agua: captación, cámara de carga, tubería forzada, casa de máquinas y canal de descarga
- Diseño de la tubería forzada: selección del diámetro, pérdidas de carga y consideraciones de golpe de ariete
- Selección del tipo de turbina (Pelton, Francis, Kaplan, de flujo cruzado) según caída y caudal
- Conexión a la red, fundamentos del equipo electromecánico y esquemas de electrificación rural aislada

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el concepto de potencial hidroenergético y el uso de curvas de duración de caudales [Familiarizarse]
2. Estimar el potencial hidroenergético de un tramo de río o de una caída en un canal de riego [Usar]
3. Diseñar la configuración de un esquema de hidroenergía a filo de agua [Evaluar]
4. Seleccionar el tipo de turbina adecuado para condiciones dadas de caída y caudal [Usar]
5. Diseñar una tubería forzada considerando pérdidas de carga y efectos de golpe de ariete [Evaluar]

2.5.14. WRH/Ingeniería Costera y de Planicies de Inundación

Análisis y diseño para protección costera, mecánica de olas, gestión de planicies de inundación y evaluación de riesgo por inundaciones.

Temas:

Core

- Mecánica de olas y procesos costeros
- Estructuras costeras y protección de litorales
- Delimitación de planicies de inundación y modelación hidráulica
- Evaluación de riesgo por inundaciones y cartografía de peligros
- Diseño de diques y muros de contención contra inundaciones
- Modelación de marejadas ciclónicas e inundación costera
- Alimentación de playas y estabilización de dunas
- Gestión de planicies de inundación y regulaciones del NFIP
- Sistemas de alerta de inundaciones y planificación de emergencias
- Adaptación al cambio climático para infraestructura costera y de inundación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la mecánica de olas y los procesos de transporte de sedimentos costeros [Familiarizarse]
2. Diseñar estructuras de protección costera, incluyendo rompeolas y escolleras [Evaluar]
3. Delimitar planicies de inundación usando técnicas de modelación hidráulica [Usar]
4. Realizar evaluaciones de riesgo por inundaciones y desarrollar mapas de peligros [Evaluar]
5. Dimensionar diques y muros de contención para protección contra inundaciones [Usar]
6. Modelar marejadas ciclónicas e inundación costera [Evaluar]
7. Planificar proyectos de alimentación de playas y restauración de dunas [Usar]

8. Aplicar principios de gestión de planicies de inundación y requisitos del NFIP [Familiarizarse]
9. Desarrollar sistemas de alerta de inundaciones y planes de respuesta de emergencia [Evaluar]
10. Incorporar proyecciones de cambio climático en el diseño de infraestructura costera y contra inundaciones [Usar]

2.6. Ingeniería Fluvial y de Ríos (RIV)

Esta área de conocimiento abarca el comportamiento de los cauces naturales bajo la acción del flujo y el transporte de sedimentos: transporte de sedimentos en canales aluviales, socavación y morfología fluvial, y el diseño de obras de estabilización de cauces, protección de riberas, gestión de la sedimentación de embalses y navegación fluvial.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.6.1 Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales (Pág. 59)	1	1
⭐ 2.6.2 Socavación y Morfología Fluvial (Pág. 59)	1	1
⭐ 2.6.3 Ingeniería Fluvial (Pág. 60)	1	1

Cuadro 2.6: Lista de KUs del área de Ingeniería Fluvial y de Ríos.

2.6.1. RIV/Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Erosión de cuencas, propiedades de sedimentos, resistencia al flujo e inicio del movimiento en canales aluviales, y métodos de medición y cálculo del transporte de sedimentos de fondo, en suspensión y total.

Temas:

Core

- Erosión de cuencas y producción de sedimentos
- Propiedades físicas de los sedimentos: tamaño, forma, densidad y velocidad de caída
- Flujo en canales de arena y grava y formas de fondo asociadas
- Resistencia al flujo en canales aluviales
- Condición de inicio del movimiento y diseño de canales erosionables
- Fundamentos y técnicas de medición del transporte de sedimentos
- Transporte de sedimentos de fondo
- Transporte de sedimentos en suspensión
- Ingreso de sedimentos en bocatomas y estructuras de captación
- Fórmulas de transporte de sedimentos total

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar los procesos de erosión de cuencas y su relación con la producción de sedimentos [Familiarizarse]
2. Clasificar sedimentos según sus propiedades físicas y estimar su velocidad de caída [Usar]
3. Determinar la condición de inicio del movimiento en un canal aluvial dado [Evaluar]
4. Calcular la resistencia al flujo en un canal aluvial considerando las formas de fondo [Usar]
5. Estimar las tasas de transporte de sedimentos de fondo y en suspensión usando fórmulas estándar [Evaluar]
6. Aplicar fórmulas de transporte total de sedimentos a un problema de diseño de canal aluvial [Usar]
7. Evaluar el ingreso de sedimentos a una bocatoma y proponer medidas de exclusión [Evaluar]

2.6.2. RIV/Socavación y Morfología Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Fundamentos y cálculo de la socavación general y local, cambios de elevación de largo plazo, ciclos y procesos fluviales, geometría y estabilidad de canales aluviales, y la balanza de Lane para el análisis cualitativo de la respuesta de un cauce.

Temas:
Core

- Fundamentos de la socavación y cambios de elevación de largo plazo del lecho
- Cálculo de la socavación general
- Socavación local por contracción, curvas y confluencias
- Socavación local en pilares y estribos de puentes
- Ciclos y procesos de la morfología fluvial
- Forma, geometría y estabilidad de canales aluviales
- Balanza de Lane: respuesta cualitativa del cauce y modelamiento
- Interacción entre infraestructura vial y cauces naturales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la profundidad de socavación general en un tramo de cauce [Evaluar]
2. Determinar la socavación local por contracción y en pilares y estribos de un puente [Usar]
3. Analizar los cambios de elevación de largo plazo de un lecho fluvial [Evaluar]
4. Describir los ciclos y procesos que gobiernan la morfología de un cauce aluvial [Familiarizarse]
5. Aplicar la balanza de Lane para predecir la respuesta cualitativa de un cauce ante cambios en sus variables [Usar]
6. Evaluar problemas de interacción entre infraestructura vial y cauces naturales [Evaluar]

2.6.3. RIV/Ingeniería Fluvial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de estructuras de estabilización de cauces y protección de riberas, gestión de la sedimentación de embalses y bases de la navegación fluvial.
Temas:
Core

- Estabilización de cauces: criterios y ejemplos de diseño
- Estructuras de control para la protección de riberas
- Diseño de enrocado (riprap), gaviones y filtros de protección
- Consideraciones prácticas de diseño de obras de protección fluvial
- Sedimentación de embalses y volumen muerto
- Eficiencia de retención y manejo de la sedimentación en embalses
- Bases analíticas de la navegación fluvial
- Paradigmas de navegación fluvial y acondicionamiento portuario

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar una obra de estabilización de cauce para un tramo dado [Usar]
2. Seleccionar y dimensionar estructuras de protección de riberas (enrocado, gaviones, filtros) [Evaluar]
3. Aplicar consideraciones prácticas de diseño a un caso conceptual de protección fluvial [Usar]
4. Estimar el volumen muerto y la vida útil de un embalse por sedimentación [Evaluar]
5. Evaluar la eficiencia de retención de sedimentos de un embalse y proponer medidas de manejo [Usar]
6. Explicar las bases analíticas de la navegación fluvial y su acondicionamiento portuario [Familiarizarse]

2.7. Ingeniería de Sistemas Ambientales (ESE)

Esta área de conocimiento cubre los principios y aplicaciones de la ingeniería ambiental para la protección de la salud pública y los ecosistemas naturales. Se enfoca en el diseño de sistemas para el suministro de agua, tratamiento de aguas residuales, control de la contaminación del aire, gestión de residuos sólidos y evaluación de impacto ambiental dentro de un marco sostenible y resiliente.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.7.1 Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (Pág. 61)	1	1
⭐ 2.7.2 Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (Pág. 62)	1	1
⭐ 2.7.3 Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación (Pág. 62)	1	1
⭐ 2.7.4 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (Pág. 63)	1	1
⭐ 2.7.5 Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres (Pág. 64)	1	1
⭐ 2.7.6 Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua (Pág. 64)	1	1
2.7.7 Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos (Pág. 65)	Electivo	

Cuadro 2.7: Lista de KUs del área de Ingeniería de Sistemas Ambientales.

2.7.1. ESE/Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios, diseño y operación de procesos unitarios físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de agua potable y aguas residuales municipales/industriales para cumplir con estándares de calidad y requisitos regulatorios.

Temas:

Core

- Parámetros de calidad del agua y estándares regulatorios para agua potable y efluentes de aguas residuales
- Procesos de tratamiento físico: cribado, sedimentación, flotación y filtración
- Procesos de tratamiento químico: coagulación, floculación, desinfección y ajuste de pH
- Principios de tratamiento biológico: sistemas de crecimiento suspendido (lodos activados) y crecimiento adherido (filtros percoladores)
- Selección de procesos y criterios de diseño basados en las características del agua fuente o las aguas residuales
- Procesos de tratamiento avanzado: filtración por membranas, oxidación avanzada y remoción de nutrientes (N y P)
- Manejo, tratamiento y disposición de lodos y biosólidos
- Diseño de la disposición de la planta, perfil hidráulico y sistema de bombeo
- Pretratamiento de aguas residuales industriales y estrategias de remoción de contaminantes específicos
- Control de procesos, monitoreo y solución de problemas en plantas de tratamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar los parámetros clave de calidad del agua y su importancia para la salud humana y el medio ambiente [Familiarizarse]
2. Seleccionar procesos unitarios físicos y químicos apropiados para un objetivo dado de tratamiento de agua o aguas residuales [Evaluar]
3. Diseñar componentes fundamentales de plantas de tratamiento de agua, como cámaras de mezcla rápida, floculadores y tanques de sedimentación [Usar]
4. Explicar los mecanismos biológicos y parámetros operativos de los sistemas de lodos activados [Familiarizarse]
5. Dimensionar unidades de tratamiento primario y secundario basándose en caudales y carga de contaminantes [Evaluar]
6. Diseñar trenes de tratamiento avanzado para reúso de agua o límites estrictos de descarga de nutrientes [Usar]
7. Evaluar alternativas de gestión de lodos y seleccionar métodos apropiados de espesamiento/deshidratación [Evaluar]
8. Desarrollar perfiles hidráulicos y especificaciones de bombas para la disposición de plantas de tratamiento [Usar]
9. Proponer estrategias de pretratamiento para corrientes específicas de aguas residuales industria-

les [Evaluar]
10. Implementar estrategias básicas de control de procesos para optimizar el desempeño de la planta de tratamiento [Usar]

2.7.2. ESE/Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de principios químicos y microbiológicos para entender y resolver problemas de ingeniería ambiental, incluyendo cinética de reacción, equilibrio, ciclos de nutrientes y el rol de los microorganismos en sistemas naturales y diseñados.

Temas:

Core

- Principios de química acuática: acidez, alcalinidad, dureza y capacidad amortiguadora
- Equilibrios y cinética química relevantes para procesos ambientales
- Metabolismo microbiano, crecimiento y clasificación en contextos ambientales
- Ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre
- Indicadores de calidad del agua y métodos analíticos estándar
- Química de coloides y superficies para el destino y transporte de contaminantes
- Toxicología y evaluación de riesgo de contaminantes ambientales
- Herramientas de biología molecular para aplicaciones en ingeniería ambiental
- Modelación del destino y transporte de contaminantes en sistemas diseñados y naturales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular pH, intensidad amortiguadora y especiación química en sistemas acuáticos [Usar]
2. Explicar el rol de grupos microbianos clave en el tratamiento de aguas residuales y el ciclaje biogeoquímico [Familiarizarse]
3. Aplicar balance de masa y cinética de reacción a sistemas ambientales [Evaluar]
4. Describir los pasos principales y la importancia ambiental de los ciclos del nitrógeno y fósforo [Familiarizarse]
5. Interpretar datos de calidad del agua de reportes analíticos estándar [Usar]
6. Analizar el rol de los procesos coloidales e interfaciales en la remoción de contaminantes [Evaluar]
7. Definir parámetros y conceptos toxicológicos clave usados en la evaluación de riesgo ambiental [Familiarizarse]
8. Evaluar la aplicación de técnicas moleculares para el monitoreo de sistemas biológicos diseñados [Evaluar]
9. Modelar el destino y transporte de un contaminante conservativo en un compartimento ambiental simple [Usar]

2.7.3. ESE/Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Fuentes, efectos, monitoreo y control de contaminantes del aire; modelación de dispersión atmosférica; y diseño de sistemas ingenieriles para reducir emisiones de fuentes estacionarias y móviles.

Temas:

Core

- Estructura, composición y meteorología básica de la atmósfera
- Tipos, fuentes y efectos en la salud/medio ambiente de los contaminantes
- Técnicas de monitoreo y estándares de calidad del aire ambiental
- Fundamentos de modelación de dispersión y modelo Gaussiano de penacho
- Tecnologías de control de material particulado: ciclones, mangas y precipitadores electrostáticos
- Control de contaminantes gaseosos: absorción, adsorción y sistemas catalíticos
- Emisiones de fuentes móviles y estrategias de control
- Calidad del aire interior y ventilación
- Cambio climático e ingeniería de mitigación de gases de efecto invernadero

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las principales clases de contaminantes del aire, sus fuentes e impactos [Familiarizarse]
2. Aplicar el modelo Gaussiano de penacho para estimar concentraciones a nivel del suelo desde una fuente puntual [Usar]
3. Seleccionar dispositivos de control de partículas apropiados basándose en la distribución de tamaño y los requisitos de eficiencia [Evaluar]
4. Interpretar datos de monitoreo de la calidad del aire ambiental relativos a estándares regulatorios [Familiarizarse]
5. Diseñar una torre de absorción básica para remover un contaminante gaseoso de una corriente de gas de combustión [Evaluar]
6. Explicar los enfoques de ingeniería para controlar emisiones de fuentes móviles [Familiarizarse]
7. Evaluar parámetros de calidad del aire interior y proponer medidas de mitigación para un edificio [Evaluar]
8. Proponer estrategias de ingeniería para reducir emisiones de gases de efecto invernadero de una instalación industrial [Usar]

2.7.4. ESE/Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Proceso sistemático para identificar, predecir, evaluar y mitigar los efectos biofísicos, sociales y otros efectos relevantes de propuestas de desarrollo antes de que se tomen decisiones importantes; y el uso de indicadores de sostenibilidad y pensamiento de ciclo de vida en la toma de decisiones de ingeniería.

Temas:
Core

- Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública
- Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos
- Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental
- Marcos legales e institucionales para EIA
- Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad)
- Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE)
- Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas
- Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision)
- Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible
- Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil
- Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos
- Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse]
2. Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar]
3. Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar]
4. Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse]
5. Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar]
6. Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar]
7. Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar]

8. Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar]
9. Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar]
10. Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse]
11. Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar]
12. Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

2.7.5. ESE/Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Evaluación de impacto ambiental especializada para obras civiles ubicadas en o adyacentes a ríos, zonas costeras y marítimas, y lagos o embalses, abarcando los impactos hidromorfológicos, de calidad del agua y ecológicos propios de cada medio acuático, y los marcos de permisos que los rigen en el Perú.

Temas:

Core

- Impactos de obras adyacentes a ríos (puentes, protección de riberas, dragado) sobre la morfología fluvial, el régimen de sedimentos y el hábitat acuático
- Impactos de obras portuarias, costeras y marítimas sobre corrientes, transporte de sedimentos, calidad del agua y ecosistemas marinos
- Impactos de obras en lagos y embalses: eutrofización, estratificación térmica, sedimentación y alteración del hábitat litoral
- Requerimientos de caudal ecológico para ríos afectados por infraestructura hídrica
- Marco peruano de permisos para obras adyacentes a cuerpos de agua (autorizaciones de uso y vertimiento de la ANA, certificación del SENACE, habilitación de DICAPI para navegación marítima/fluvial)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar los impactos hidromorfológicos y ecológicos propios de los medios fluviales, marítimos y lacustres [Familiarizarse]
2. Evaluar el impacto ambiental de una obra civil adyacente a un río, zona costera o lago sobre su medio acuático [Usar]
3. Determinar los requerimientos de caudal ecológico de un tramo de río afectado por un proyecto de infraestructura hídrica [Evaluar]
4. Identificar los requisitos peruanos de permisos aplicables a un proyecto adyacente a un cuerpo de agua [Usar]

2.7.6. ESE/Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Enfoques de ingeniería para evaluar la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia de la infraestructura hídrica (suministro, drenaje, costera) ante los impactos del cambio climático, incluyendo patrones cambiantes de precipitación, aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos.

Temas:

Core

- Fundamentos de la ciencia del clima y reducción de escala de proyecciones de modelos climáticos globales
- Impactos hidrológicos del cambio climático: intensidad de precipitación, sequía y derretimiento de nieve
- Marcos de evaluación de vulnerabilidad y riesgo para infraestructura hídrica
- Adaptación del sistema de suministro de agua: diversificación de fuentes y gestión de la demanda

- Adaptación del sistema de drenaje pluvial para lluvias de mayor intensidad
- Estrategias de adaptación costera: retiro gestionado, estructuras de protección y soluciones basadas en la naturaleza
- Toma de decisiones bajo incertidumbre y vías de gestión adaptativa
- Estándares y códigos de diseño de infraestructura bajo condiciones climáticas no estacionarias
- Evaluación económica de opciones de adaptación y mecanismos de financiamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Interpretar proyecciones climáticas reducidas de escala para variables hidrológicas clave [Familiarizarse]
2. Evaluar la vulnerabilidad de un sistema de suministro de agua a cambios proyectados en la frecuencia de sequías [Evaluar]
3. Rediseñar una alcantarilla de drenaje pluvial para una mayor intensidad de lluvia de diseño basada en proyecciones climáticas [Usar]
4. Describir estrategias de adaptación para gestionar la demanda urbana de agua bajo escasez hídrica [Familiarizarse]
5. Comparar opciones de ingeniería duras y blandas (basadas en la naturaleza) para la protección contra inundaciones costeras [Evaluar]
6. Desarrollar un plan de gestión adaptativa para un embalse que enfrenta regímenes futuros de afluencia inciertos [Usar]
7. Proponer revisiones a los estándares de diseño de infraestructura para incorporar resiliencia climática [Evaluar]
8. Realizar un análisis costo-beneficio para un portafolio de medidas de adaptación de infraestructura hídrica [Usar]

2.7.7. ESE/Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos

Generación, caracterización, recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales y materiales peligrosos, con énfasis en el diseño ingenieril, marcos regulatorios y prácticas sostenibles.

Temas:
Core

- Tasas de generación de residuos, caracterización y análisis de composición
- Sistemas de recolección, estaciones de transferencia y logística de transporte
- Diseño de rellenos sanitarios: selección del sitio, sistemas de impermeabilización, gestión de lixiviados y recolección de gas
- Procesamiento de residuos e instalaciones de recuperación de materiales (MRFs)
- Identificación, clasificación y definiciones regulatorias de residuos peligrosos
- Tecnologías de tratamiento térmico: incineración, pirólisis y gasificación
- Tratamiento biológico: compostaje y digestión anaeróbica
- Tecnologías de remediación para sitios contaminados
- Planificación integrada de gestión de residuos sólidos y evaluación del ciclo de vida

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Estimar tasas de generación de residuos y caracterizar los flujos de residuos de una comunidad [Evaluar]
2. Diseñar la disposición y componentes clave de un relleno sanitario municipal [Usar]
3. Explicar la función y componentes de una instalación de recuperación de materiales (MRF) [Familiarizarse]
4. Identificar y clasificar residuos peligrosos de acuerdo con criterios regulatorios [Familiarizarse]
5. Planificar rutas de recolección y especificar los requisitos de la estación de transferencia [Usar]
6. Comparar tecnologías de tratamiento térmico basándose en recuperación de energía e impactos ambientales [Evaluar]
7. Diseñar un sistema de compostaje o digestión anaeróbica para residuos orgánicos [Usar]
8. Seleccionar tecnologías de remediación apropiadas para un escenario dado de sitio contaminado [Evaluar]

9. Desarrollar un plan integrado de gestión de residuos con objetivos de reducción en la fuente y reciclaje [Usar]

2.8. Ingeniería y Gestión de la Construcción (CEM)

Esta área de conocimiento cubre los principios y prácticas requeridos para planificar, diseñar, construir, operar y mantener el entorno construido. Integra fundamentos de ingeniería con habilidades empresariales y de gestión para entregar proyectos de construcción de manera segura, a tiempo, dentro del presupuesto y según los estándares de calidad especificados.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.8.1 Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción (Pág. 66)	1	1
⭐ 2.8.2 Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D) (Pág. 67)	1	1
⭐ 2.8.3 Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción (Pág. 67)	1	1
⭐ 2.8.4 Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción (Pág. 68)	1	1
⭐ 2.8.5 Reajuste de Precios y Valorizaciones (Pág. 68)	1	1
⭐ 2.8.6 Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción (Pág. 69)	1	1
⭐ 2.8.7 Contratos, Especificaciones y Derecho de la Construcción (Pág. 69)	1	1
⭐ 2.8.8 Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD) (Pág. 70)	1	1
⭐ 2.8.9 Trazo y Replanteo de Obras (Pág. 71)	1	1
⭐ 2.8.10 Encofrados y Sistemas de Apuntalamiento (Pág. 71)	1	1
⭐ 2.8.11 Fierrería y Armado de Acero de Refuerzo (Pág. 71)	1	1
⭐ 2.8.12 Gestión de Obra y Campo (Pág. 72)	1	1
⭐ 2.8.13 Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad (Pág. 73)	1	1

Cuadro 2.8: Lista de KUs del área de Ingeniería y Gestión de la Construcción.

2.8.1. CEM/Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Selección y aplicación de métodos de construcción, tecnologías y equipos pesados para movimientos de tierra, concreto, acero y sistemas de edificación; incluye análisis de productividad, balance de cuadrillas y economía de equipos.

Temas:

Core

- Operaciones de movimiento de tierras: excavación, acarreo, compactación y diagramas de masas
- Construcción de concreto: encofrados, colocación, acabado y curado
- Erección de acero, conexiones y procedimientos de seguridad
- Tipos, capacidades y criterios de selección de equipos de construcción
- Medición de productividad, análisis de tiempo de ciclo y balance de cuadrillas
- Métodos de construcción pesada para túneles, presas y puentes
- Economía de equipos: propiedad vs. alquiler, depreciación y costo operativo
- Tecnologías sin zanja y sistemas de soporte para excavaciones profundas
- Automatización y robótica en operaciones de construcción

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar equipo de construcción apropiado para tareas comunes de movimiento de tierras y manejo de materiales [Usar]
2. Diseñar encofrados y apuntalamientos básicos para una losa o muro de concreto [Evaluar]
3. Explicar la secuencia y consideraciones de seguridad para la erección de acero [Familiarizarse]
4. Calcular tasas de productividad y tiempos de ciclo para operaciones de equipo [Usar]

5. Balancear una cuadrilla de construcción para optimizar la productividad de una tarea dada [Evaluar]
6. Comparar métodos de construcción para un proyecto de obra pesada como un túnel a cielo abierto (cut-and-cover) [Evaluar]
7. Analizar la vida económica y el costo horario de una pieza de equipo de construcción [Usar]
8. Describir las aplicaciones y limitaciones de las tecnologías de construcción sin zanja [Familiarizarse]
9. Evaluar el potencial de la automatización para mejorar la seguridad y productividad en un sitio de construcción [Evaluar]

2.8.2. CEM/Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Desarrollo y gestión de cronogramas de proyectos usando técnicas basadas en redes (CPM, PERT), nivelación de recursos, carga de costos y métodos avanzados de visualización (4D/5D BIM) para el control del proyecto y medición del desempeño.

Temas:

Core

- Desarrollo de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y definición de actividades
- Diagramación de redes: actividad en el nodo (AON) y método de diagramación de precedencias (PDM)
- Método de la Ruta Crítica (CPM) para cálculo de cronogramas: recorrido hacia adelante/atrás, holguras
- Técnicas de asignación, carga y nivelación de recursos
- Actualización, monitoreo y control del cronograma usando gestión del valor ganado (EVM)
- Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) para análisis de riesgo del cronograma
- Programación por Línea de Balance (LOB) para proyectos repetitivos
- Programación 4D (tiempo + modelo 3D) para visualización y detección de interferencias
- Programación 5D (tiempo + costo + modelo 3D) para control integrado de costos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) para un proyecto de construcción de mediana escala [Usar]
2. Construir un diagrama de red del CPM y calcular la ruta crítica y las holguras de las actividades [Evaluar]
3. Realizar nivelación de recursos en un cronograma de proyecto simple para minimizar las fluctuaciones de recursos [Usar]
4. Monitorear el progreso del proyecto usando la variación del cronograma (SV) y la variación del costo (CV) a partir de datos del valor ganado [Evaluar]
5. Aplicar PERT para estimar probabilidades de duración del proyecto e identificar riesgos del cronograma [Evaluar]
6. Crear un cronograma de Línea de Balance (LOB) para un proyecto de vivienda repetitivo [Usar]
7. Generar una simulación 4D para visualizar la secuencia de construcción e identificar conflictos espaciales [Usar]
8. Integrar datos de costo con un modelo 3D para realizar un análisis 5D para el seguimiento del presupuesto [Evaluar]

2.8.3. CEM/Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios y técnicas para preparar estimaciones de costo precisas en varias etapas del proyecto, desde conceptual hasta detallada; incluye cubicación a partir de planos y modelos digitales, componentes de precios unitarios, técnicas de estimación paramétrica y probabilística, y análisis del costo del ciclo de vida.

Temas:
Core
- Tipos de estimación: conceptual, preliminar y detallada
- Métodos de cubicación a partir de planos y modelos digitales
- Componentes de precios: mano de obra, materiales, equipo y gastos generales
- Técnicas de estimación paramétrica y probabilística
- Análisis del costo del ciclo de vida para sistemas de edificación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Realizar una cubicación detallada de concreto, encofrado y acero de refuerzo a partir de planos de construcción [Usar]
2. Preparar una estimación de precios unitarios para un paquete de trabajo definido [Evaluar]
3. Aplicar modelos paramétricos para desarrollar una estimación de costo conceptual para un edificio [Evaluar]
4. Realizar un análisis del costo del ciclo de vida para comparar dos sistemas alternativos de envolvente del edificio [Usar]

2.8.4. CEM/Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Procesos de preparación y análisis de ofertas, pronóstico y gestión del flujo de caja, ingeniería de valor y análisis de constructabilidad, y estados financieros y métricas de desempeño para el control financiero de proyectos y empresas constructoras.

Temas:
Core
- Procesos de preparación, presentación y análisis de ofertas
- Pronóstico y gestión del flujo de caja para proyectos de construcción
- Ingeniería de valor y análisis de constructabilidad
- Estados financieros y métricas de desempeño para empresas constructoras

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Explicar los componentes y la estructura típica de márgenes de una oferta competitiva [Familiarizarse]
2. Desarrollar un pronóstico de flujo de caja mensual para un proyecto de construcción [Usar]
3. Realizar un taller de ingeniería de valor para identificar alternativas de ahorro de costos sin sacrificar la función [Evaluar]
4. Interpretar ratios financieros clave para evaluar la salud de una empresa constructora [Familiarizarse]

2.8.5. CEM/Reajuste de Precios y Valorizaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Mecanismos para reajustar los precios contractuales por efecto del escalamiento de costos durante la ejecución de la obra, y para certificar y pagar el trabajo efectivamente ejecutado: fórmulas polinómicas de reajuste indexadas a índices oficiales de costos unitarios, y valorizaciones mensuales como base para los pagos de avance.

Temas:
Core
- Fórmula polinómica de reajuste: estructura, coeficientes de incidencia y componentes representativos del costo unitario
- Índices unificados de precios de la construcción: ciclo de publicación, fuente y aplicación en la fórmula de reajuste
- Valorizaciones mensuales: medición de metrados ejecutados y certificación para el pago
- Adelantos y retenciones: cálculo y cronograma de amortización dentro de las valorizaciones
- Discrepancias en el cálculo de reajustes y valorizaciones: fuentes comunes de desacuerdo y mecanismos de resolución

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular el precio contractual reajustado de una partida usando una fórmula polinómica de reajuste e índices oficiales de costos [Usar]
2. Preparar una valorización mensual certificando los metrados ejecutados para el pago [Usar]
3. Explicar el rol de los adelantos y las retenciones en un cronograma de pagos de valorización [Familiarizarse]
4. Resolver una discrepancia en el cálculo de un reajuste aplicando correctamente las reglas de escalamiento por índices [Evaluar]

2.8.6. CEM/Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Identificación, evaluación y control de riesgos de seguridad, salud y medio ambiente en sitios de construcción; implementación de programas de seguridad, cumplimiento regulatorio (OSHA) y estrategias proactivas de gestión de riesgos.
Temas:
Core

- Sistemas de gestión de seguridad y el rol de la cultura de seguridad
- Peligros comunes en construcción: caídas, golpes, electrocución, atrapamiento/aprisionamiento
- Regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y cumplimiento
- Técnicas de identificación y evaluación de riesgos (ej. AST, listas de verificación)
- Jerarquía de controles: eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos, EPP
- Salud ocupacional: sílice, ruido, ergonomía e higiene industrial
- Planificación de respuesta a emergencias e investigación de incidentes
- Principios de seguros y fianzas para transferencia de riesgos en construcción
- Indicadores líderes de seguridad proactivos y análisis predictivo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar los "Cuatro Fatales" peligros de construcción y los requisitos básicos de OSHA para cada uno [Familiarizarse]
2. Realizar un Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) para una tarea común de construcción [Evaluar]
3. Desarrollar un plan de seguridad específico del sitio para un escenario de proyecto dado [Usar]
4. Aplicar la jerarquía de controles para mitigar un riesgo de seguridad identificado [Familiarizarse]
5. Evaluar exposiciones de salud ocupacional (ej. ruido, polvo) y recomendar estrategias de monitoreo [Evaluar]
6. Crear un plan de respuesta a emergencias para un sitio de construcción [Usar]
7. Explicar el propósito y tipos de seguros (ej. Responsabilidad Civil General, compensación laboral) en la gestión de riesgos de construcción [Familiarizarse]
8. Proponer indicadores líderes de seguridad para rastrear y predecir el desempeño de seguridad del sitio [Evaluar]

2.8.7. CEM/Contratos, Especificaciones y Derecho de la Construcción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios legales y documentación que rigen los proyectos de construcción, incluyendo tipos de contratos, métodos de contratación, redacción de especificaciones, órdenes de cambio, reclamaciones, resolución de disputas y responsabilidad profesional.
Temas:
Core

- Tipos de contrato: suma alzada, precios unitarios, costo más honorarios, y diseño-construcción
- Métodos de contratación y estrategias de licitación
- Especificaciones del proyecto: MasterFormat, de desempeño vs. prescriptivas
- Condiciones generales del contrato y cláusulas clave (ej. AIA, FIDIC)
- Órdenes de cambio, trabajos adicionales y procedimientos de variación

- Gestión de reclamaciones: demora, disrupción y aceleración
- Resolución de disputas: negociación, mediación, arbitraje, litigio
- Responsabilidad profesional, negligencia y estándar de cuidado
- Dilemas éticos y conducta profesional en la construcción

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Comparar la distribución de riesgos entre propietario y contratista en diferentes tipos de contrato [Familiarizarse]
2. Seleccionar un método de contratación apropiado para un modelo de entrega de proyecto dado [Evaluar]
3. Redactar una especificación técnica clara y no ambigua para un material de construcción [Usar]
4. Explicar el propósito de las cláusulas clave en las condiciones generales estándar del contrato [Familiarizarse]
5. Procesar una orden de cambio hipotética, documentando los impactos en costo y tiempo [Usar]
6. Analizar una reclamación simple por demora y determinar el derecho a compensación y los daños [Evaluar]
7. Recomendar un método apropiado de resolución de disputas para un escenario de conflicto dado [Evaluar]
8. Definir el estándar de cuidado del ingeniero y las responsabilidades potenciales por errores de diseño [Familiarizarse]
9. Resolver un dilema ético relacionado con prácticas de licitación o reporte de seguridad en obra [Evaluar]

2.8.8. CEM/Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de principios de producción lean a la construcción para minimizar el desperdicio y maximizar el valor; y modelos de entrega de proyectos colaborativos (IPD) que alinean los intereses de las partes interesadas a través del riesgo y la recompensa compartidos.

Temas:
Core

- Principios del pensamiento lean: valor, flujo de valor, flujo, pull, perfección
- Identificación y eliminación de los ocho desperdicios en la construcción
- Sistema del Último Planificador (LPS) para planificación y control de la producción
- Herramientas de gestión visual: 5S, Kanban y Andon
- Principios de la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) y acuerdos multipartes
- Entrega de Valor Objetivo (TVD) y Diseño Basado en Conjuntos
- Tecnologías de colaboración y co-localización en "Big Room"
- Medición del desempeño: Porcentaje de Plan Completado (PPC), Takt time
- Cambio cultural y estrategias de implementación para la transformación lean

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir los siete (u ocho) tipos de desperdicio (Muda) en un contexto de construcción [Familiarizarse]
2. Aplicar el Sistema del Último Planificador para desarrollar un plan semanal de trabajo confiable [Usar]
3. Identificar oportunidades para aplicar gestión visual (5S) en un sitio de construcción [Evaluar]
4. Explicar cómo la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) alinea objetivos y comparte riesgos entre las partes interesadas del proyecto [Familiarizarse]
5. Usar los principios de la Entrega de Valor Objetivo para guiar decisiones de diseño dentro de un objetivo de costo [Evaluar]
6. Facilitar una sesión de planificación colaborativa pull con múltiples oficios [Usar]
7. Calcular e interpretar el Porcentaje de Plan Completado (PPC) como una métrica de desempeño lean [Evaluar]
8. Desarrollar un plan básico de implementación para introducir prácticas lean a un equipo de proyecto [Evaluar]

2.8.9. CEM/Trazo y Replanteo de Obras (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Transferencia de la geometría de diseño al terreno para la ejecución de la obra; establecimiento y conservación del control horizontal y vertical, y replanteo de ejes, niveles y cotas para cimentaciones y estructuras usando instrumentos convencionales y satelitales.

Temas:

Core

- Establecimiento y conservación de puntos de control horizontal y vertical
- Replanteo de ejes de la edificación, líneas de columnas y offsets de referencia
- Transferencia de cotas de diseño y bench marks a excavación y encofrado
- Instrumentos de trazo: estación total, nivel automático/digital y receptores GNSS/GPS

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Establecer puntos de control horizontal y vertical para un terreno de construcción usando una estación total [Usar]
2. Replantear los ejes de la edificación y la ubicación de columnas a partir de un plano de cimentación [Usar]
3. Explicar el uso apropiado de receptores GNSS/GPS para tareas de trazo en obra [Familiarizarse]

2.8.10. CEM/Encofrados y Sistemas de Apuntalamiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño, selección y montaje de encofrados y sistemas de apuntalamiento/cimbra para construcción de concreto vaciado in situ; incluye cálculo de presiones sobre el encofrado, selección de sistemas para muros, columnas y losas, reapuntalamiento, y prácticas seguras de desencofrado y retiro.

Temas:

Core

- Presión lateral del concreto fresco sobre el encofrado y cargas de diseño
- Sistemas de encofrado para muros y columnas: paneles, encofrados unidos y trepantes
- Sistemas de encofrado para losas y vigas: convencional, volante y con mesas
- Materiales de encofrado: madera, contrachapado, encofrados prefabricados y sistemas metálicos modulares
- Diseño de apuntalamiento y cimbra: puntales, andamios de apuntalamiento y torres de apuntalamiento pesado
- Procedimientos de reapuntalamiento en edificaciones de varios niveles
- Criterios de tiempo de desencofrado según la ganancia de resistencia del concreto
- Consideraciones de seguridad en el montaje y desmontaje de encofrados y apuntalamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la presión lateral del concreto fresco sobre el encofrado de un muro para una velocidad de vaciado dada [Evaluar]
2. Diseñar el encofrado de un muro o columna, incluyendo tablero, parantes y amarres, para una presión especificada [Evaluar]
3. Seleccionar un sistema de encofrado de losa apropiado para una planta y ciclo de trabajo dados [Usar]
4. Diseñar un sistema de apuntalamiento, incluyendo el espaciamiento de puntales y la trayectoria de carga, para una losa elevada [Evaluar]
5. Planificar una secuencia de reapuntalamiento para un edificio de concreto de varios niveles [Usar]
6. Determinar el tiempo mínimo de desencofrado según el desarrollo de resistencia del concreto [Evaluar]

2.8.11. CEM/Fierrería y Armado de Acero de Refuerzo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Prácticas de campo y fabricación para el acero de refuerzo: interpretación de planos estructurales y planillas de habilitación de acero, doblado y corte de fierro, métodos de empalme, colocación y amarre,

tolerancias de recubrimiento y espaciamiento, y control de calidad del armado antes del vaciado de concreto.

Temas:

Core

- Interpretación de planos estructurales y planillas de habilitación de acero (BBS)
- Doblado y corte de fierro según ganchos, dobleces y tolerancias de fabricación estándar
- Métodos de empalme: traslape, conectores mecánicos y empalme soldado
- Colocación, apoyo (silletas/separadores) y amarre del acero de refuerzo
- Tolerancias de recubrimiento de concreto y espaciamiento de fierro para durabilidad y desempeño estructural
- Control de calidad e inspección en obra del armado antes del vaciado de concreto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Interpretar una planilla de habilitación de acero y un plano estructural para fabricar fierro de refuerzo [Usar]
2. Seleccionar un método de empalme apropiado para un diámetro de fierro y ubicación dados [Evaluar]
3. Colocar y amarrar el acero de refuerzo cumpliendo las tolerancias especificadas de recubrimiento y espaciamiento [Usar]
4. Inspeccionar un armado de acero terminado para verificar su conformidad antes de autorizar el vaciado de concreto [Evaluar]

2.8.12. CEM/Gestión de Obra y Campo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Gestión y ejecución diaria de las operaciones en obra, incluyendo movilización, supervisión de campo, coordinación de subcontratistas y especialidades, reportes de avance, seguimiento de materiales, control de calidad durante la ejecución y cierre del proyecto.

Temas:

Core

- Movilización de obra: instalaciones provisionales, accesos, servicios y organización del terreno
- Supervisión de campo y gestión de las operaciones diarias en obra
- Coordinación y secuenciamiento de subcontratistas y especialidades
- Reportes de avance, documentación y reuniones de coordinación de obra
- Gestión de materiales: seguimiento de adquisiciones, entregas y almacenamiento
- Control de calidad e inspección durante la ejecución de la obra
- Comunicación con los interesados y resolución de conflictos en obra
- Cierre del proyecto: listas de observaciones, puesta en marcha y entrega

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Elaborar un plan de movilización de obra que incluya instalaciones provisionales y logística de accesos [Usar]
2. Supervisar las operaciones diarias de obra y resolver incidencias de ejecución en campo [Evaluar]
3. Coordinar el secuenciamiento de subcontratistas y especialidades para evitar conflictos de programación [Usar]
4. Preparar un reporte de avance y dirigir una reunión de coordinación de obra [Usar]
5. Dar seguimiento a la adquisición, entrega y almacenamiento de materiales para un paquete de trabajo [Evaluar]
6. Realizar una inspección de control de calidad durante una etapa de ejecución de la obra [Evaluar]
7. Resolver un conflicto con un interesado surgido durante la ejecución de la obra [Familiarizarse]
8. Gestionar las actividades de cierre del proyecto, incluyendo listas de observaciones y entrega [Usar]

2.8.13. CEM/Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Integración de los sistemas de gestión de calidad (ISO 9001), ambiental (ISO 14001) y de seguridad y salud ocupacional (ISO 45001) en un marco de gestión único y coordinado para un proyecto de construcción. Cubre la estructura de alto nivel común a las tres normas, las políticas y documentación integradas, y las auditorías integradas (multi-norma).

Temas:

Core

- Estructura de alto nivel común (Anexo SL) compartida por ISO 9001, 14001 y 45001: cláusulas alineadas de contexto, liderazgo, planificación, soporte, operación, evaluación del desempeño y mejora
- Política y objetivos de gestión integrada que abarcan metas de calidad, ambientales y de SST; un manual de gestión integrado único e información documentada compartida
- Programas de auditoría interna y externa integrados que cubren múltiples normas en un solo ciclo de auditoría: listas de verificación combinadas, hallazgos conjuntos y seguimiento de no conformidades
- Sinergias entre los tres sistemas (pensamiento basado en riesgos compartido, ciclo PDCA, información documentada) frente a posibles conflictos (prioridades en competencia, asignación de recursos), y enfoques para resolverlos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la estructura de alto nivel común compartida por ISO 9001, 14001 y 45001, y cómo habilita la integración de sistemas de gestión [Familiarizarse]
2. Diseñar una lista de verificación de auditoría integrada que cubra los requisitos de calidad, ambientales y de seguridad y salud ocupacional para una obra de construcción [Usar]
3. Evaluar la eficacia de un sistema de gestión integrado en un proyecto de construcción, identificando sinergias y conflictos no resueltos entre sus sistemas componentes [Evaluar]

2.9. Tecnologías Digitales en Ingeniería Civil (DTC)

Esta área de conocimiento abarca las herramientas digitales transformadoras, metodologías y procesos basados en datos que están reconfigurando la planificación, diseño, construcción, operación y gestión de infraestructuras civiles. Se centra en la integración de inteligencia computacional, sensores, automatización y modelado de información para crear entornos construidos más inteligentes, eficientes y resilientes.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.9.1 Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores (Pág. 74)	1	1
⭐ 2.9.2 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos (Pág. 74)	1	1
2.9.3 Aplicaciones de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Ingeniería Civil (Pág. 75)	Electivo	
2.9.4 Gemelos Digitales para Gestión del Ciclo de Vida de Infraestructura (Pág. 76)	Electivo	
2.9.5 Ingeniería Geoespacial (Pág. 76)	Electivo	
2.9.6 Análisis de Datos, Visualización e Informática para Sistemas Civiles (Pág. 77)	Electivo	
2.9.7 Automatización, Robótica y Fabricación Aditiva (Impresión 3D) en Construcción (Pág. 77)	Electivo	

Cuadro 2.9: Lista de KUs del área de Tecnologías Digitales en Ingeniería Civil.

2.9.1. DTC/Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios, tecnologías y métodos de análisis de datos para monitorear continuamente o periódicamente la condición y el rendimiento de infraestructuras civiles utilizando redes de sensores para detectar daños, evaluar seguridad e informar el mantenimiento.

Temas:

Core

- Objetivos de SHM, paradigmas y análisis costo-beneficio del ciclo de vida
- Tipos de sensores: galgas extensiométricas, acelerómetros, inclinómetros, fibra óptica, piezoeléctricos
- Sistemas de adquisición de datos, acondicionamiento de señales y teoría de muestreo
- Redes inalámbricas de sensores (WSN) y protocolos de comunicación IoT
- Detección de daños basada en vibraciones y análisis modal
- Sensores avanzados: fibra óptica distribuida, visión por computador y interferometría radar
- Gestión de datos, almacenamiento en la nube y ciberseguridad para sistemas SHM
- Reconocimiento de patrones estadísticos y algoritmos de detección de anomalías
- Sistemas de soporte de decisiones para planificación de mantenimiento basados en datos SHM

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Enumerar los objetivos primarios y los beneficios potenciales de un sistema de Monitoreo de Salud Estructural (SHM) [Familiarizarse]
2. Seleccionar tipos de sensores apropiados para monitorear respuestas estructurales específicas (deformación, vibración, deflexión) [Evaluar]
3. Diseñar la distribución de una red de sensores básica para una viga simplemente apoyada o un pilar de puente [Usar]
4. Explicar las ventajas y desafíos de las redes inalámbricas de sensores frente a los sistemas cableados [Familiarizarse]
5. Realizar un análisis modal básico en un conjunto de datos de aceleración para identificar frecuencias naturales [Usar]
6. Comparar tecnologías avanzadas de sensado para detectar propagación de grietas o asentamiento [Evaluar]
7. Desarrollar un plan de gestión de datos para un proyecto SHM a largo plazo, considerando almacenamiento en la nube [Usar]
8. Aplicar una carta de control estadística simple para identificar anomalías en datos de sensores en serie temporal [Evaluar]
9. Proponer una acción de mantenimiento basada en la salida de un sistema de soporte de decisiones basado en SHM [Usar]

2.9.2. DTC/Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Metodología integral para crear y gestionar representaciones digitales de las características físicas y funcionales de instalaciones (BIM), que soporta la colaboración, toma de decisiones y gestión de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto desde la concepción hasta la demolición.

Temas:

Core

- Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN
- Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico
- Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques
- Plataformas de colaboración, Entornos de Datos Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM
- Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural
- Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales
- Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM
- Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM)
- Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse]
2. Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar]
3. Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar]
4. Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse]
5. Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar]
6. Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse]
7. Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar]
8. Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar]
9. Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

2.9.3. DTC/Aplicaciones de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Ingeniería Civil

Conceptos fundamentales y aplicaciones de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML) para resolver problemas complejos de ingeniería civil, incluyendo análisis predictivo, reconocimiento de patrones, optimización y soporte automatizado de decisiones.
Temas:
Core

- Fundamentos de IA: aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo
- Preparación de datos, ingeniería de características y flujos de trabajo de entrenamiento de modelos
- Modelos predictivos para el rendimiento y deterioro de infraestructuras
- Aplicaciones de visión por computador para monitoreo de progreso de construcción y detección de defectos
- Algoritmos de optimización para diseño, programación y asignación de recursos
- Procesamiento de lenguaje natural (NLP) para analizar documentos e informes de construcción
- IA generativa para exploración de diseño y verificación automatizada de códigos
- IA explicable (XAI) y consideraciones éticas en la toma de decisiones algorítmica
- Computación perimetral (edge computing) e IA embebida para monitoreo estructural en tiempo real

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Distinguir entre los principales tipos de aprendizaje automático (supervisado, no supervisado, por refuerzo) [Familiarizarse]
2. Preparar un conjunto de datos para entrenar un modelo ML simple, manejando valores faltantes y escalado [Usar]
3. Desarrollar un modelo básico de regresión para predecir una propiedad del concreto a partir de parámetros de mezcla [Evaluar]
4. Describir cómo la visión por computador puede utilizarse para inspección automatizada de obras [Familiarizarse]
5. Aplicar técnicas de NLP para extraer información clave de un conjunto de informes de inspección [Evaluar]
6. Utilizar una herramienta de IA generativa para explorar alternativas de diseño conceptual para un diseño de sitio [Usar]
7. Explicar la importancia de la IA explicable y la mitigación de sesgos en aplicaciones de ingeniería [Familiarizarse]
8. Diseñar un concepto para un sistema de IA perimetral para monitorear vibraciones en tiempo real en un puente [Evaluar]

2.9.4. DTC/Gemelos Digitales para Gestión del Ciclo de Vida de Infraestructura

Creación, actualización y utilización de réplicas digitales dinámicas de activos físicos que se sincronizan con datos en tiempo real de sensores y otras fuentes para simular, predecir y optimizar el rendimiento a lo largo del ciclo de vida del activo.

Temas:

Core

- Definición de gemelo digital, componentes y niveles de integración
- Integración de datos en tiempo real de sensores IoT y sistemas operacionales
- Modelos de simulación basados en física y datos dentro del gemelo
- Visualización interactiva, paneles de control e interfaces de realidad aumentada (AR)
- Mantenimiento predictivo y pronóstico de vida útil remanente
- Gemelos digitales federados para infraestructura a escala urbana o nivel de red
- Control autónomo y optimización de lazo cerrado de sistemas de infraestructura
- Modelos de negocio y propuesta de valor para la implementación de gemelos digitales
- Ciberseguridad y gobernanza de datos para sistemas críticos de gemelos digitales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los componentes principales y flujos de datos de un gemelo digital para un puente o edificio [Familiarizarse]
2. Conectar un flujo simple de datos de sensores a un panel de visualización para una maqueta de gemelo digital [Usar]
3. Utilizar un modelo de simulación dentro de un gemelo digital para predecir la respuesta estructural bajo un escenario de carga [Evaluar]
4. Explicar cómo las estrategias de mantenimiento predictivo se ven potenciadas por la tecnología de gemelos digitales [Familiarizarse]
5. Conceptualizar un gemelo digital federado para gestionar una red urbana de distribución de agua [Evaluar]
6. Diseñar una lógica de control de lazo cerrado para optimizar el uso de energía en un gemelo digital de edificio [Evaluar]
7. Analizar el potencial de retorno de inversión (ROI) para implementar un gemelo digital en un proyecto grande [Familiarizarse]
8. Desarrollar una evaluación de riesgos de ciberseguridad para un gemelo digital de infraestructura crítica [Evaluar]

2.9.5. DTC/Ingeniería Geoespacial

Adquisición, procesamiento, análisis y visualización de datos espaciales utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), teledetección (satelital, aérea) y Detección y Ranging por Luz (LiDAR) para análisis de sitio, planificación, cartografía y monitoreo en proyectos de ingeniería civil.

Temas:

Core

- Fundamentos de SIG: modelos de datos espaciales, sistemas de coordenadas y proyecciones
- Plataformas de teledetección y características de imágenes (resolución, bandas espectrales)
- Tecnología LiDAR: principios, nubes de puntos y modelos digitales de elevación (DEM)
- Análisis espacial: superposición, zonas de amortiguamiento, análisis de redes y modelado de idoneidad
- Cartografía y producción de mapas para comunicación en ingeniería
- Procesamiento de imágenes y clasificación para mapeo de uso/cobertura del suelo
- Detección de cambios y análisis de series temporales para monitoreo
- Integración de BIM y SIG (GeoBIM) para planificación de infraestructura
- SIG web y aplicaciones móviles de SIG para recolección de datos de campo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar una transformación de coordenadas y reproyección de datos espaciales [Usar]
2. Comparar las aplicaciones de imágenes satelitales ópticas, fotografía aérea y LiDAR [Familiarizarse]

3. Procesar una nube de puntos LiDAR para generar un Modelo Digital de Terreno (DTM) [Evaluar]
4. Realizar un análisis de idoneidad de sitio para un nuevo trazado de carretera utilizando operaciones de superposición de SIG [Usar]
5. Crear un mapa temático efectivo para un informe de ingeniería [Evaluar]
6. Clasificar cobertura del suelo a partir de una imagen satelital usando un método de clasificación supervisada [Usar]
7. Cuantificar la expansión urbana o deforestación a partir de imágenes satelitales multitemporales [Evaluar]
8. Integrar una huella de edificio desde un modelo BIM en un SIG para análisis de exposición solar [Usar]
9. Diseñar un formulario móvil de recolección de datos SIG para un levantamiento de campo [Usar]

2.9.6. DTC/Análisis de Datos, Visualización e Informática para Sistemas Civiles

Métodos para gestionar, analizar, interpretar y comunicar conjuntos de datos grandes y complejos generados a lo largo del ciclo de vida de infraestructuras para extraer conocimientos, respaldar decisiones y mejorar resultados.

Temas:

Core

- Tipos y fuentes de datos en ingeniería civil: estructurados, no estructurados, en streaming
- Técnicas de limpieza, transformación y preparación de datos
- Análisis exploratorio de datos (EDA) y estadísticas descriptivas
- Principios y herramientas de visualización de datos (paneles, gráficos, diagramas)
- Fundamentos de bases de datos (SQL, NoSQL) para gestión de datos de ingeniería
- Plataformas de big data y conceptos de computación distribuida (p. ej., Hadoop, Spark)
- Estadísticas espaciales y análisis geoestadístico
- Teoría de la información y evaluación de calidad de datos
- Narrativa de datos y comunicación para audiencias técnicas y no técnicas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Limpiar y estructurar un conjunto de datos desordenado de una base de datos de costos de construcción [Usar]
2. Realizar análisis exploratorio de datos para identificar tendencias y valores atípicos en datos de sensores [Evaluar]
3. Crear visualizaciones efectivas (histogramas, diagramas de dispersión, series temporales) para comunicar conocimientos de datos [Usar]
4. Escribir consultas SQL básicas para extraer y filtrar datos de una base de datos relacional [Familiarizarse]
5. Describir la arquitectura de una plataforma de big data y su relevancia para análisis de infraestructura [Familiarizarse]
6. Aplicar kriging u otro método geoestadístico para interpolar datos de propiedades del suelo en un sitio [Evaluar]
7. Evaluar la calidad y adecuación de un conjunto de datos para un análisis específico [Evaluar]
8. Desarrollar una narrativa basada en datos para presentar los hallazgos de un estudio de rendimiento de infraestructura a stakeholders [Usar]

2.9.7. DTC/Automatización, Robótica y Fabricación Aditiva (Impresión 3D) en Construcción

Aplicación de sistemas automatizados, plataformas robóticas y tecnologías de fabricación aditiva (impresión 3D) para realizar tareas de construcción, con el objetivo de aumentar productividad, seguridad, precisión y habilitar nuevas posibilidades de diseño.

Temas:

Core

- Fundamentos de automatización: grados de automatización, sistemas de control y cinemática robótica
- Sistemas robóticos para manejo de materiales, ensamblaje e inspección
- Procesos de fabricación aditiva para construcción: extrusión, unión de polvos
- Materiales para fabricación robótica e impresión 3D (hormigón, polímeros, compuestos)
- Planificación de trayectorias y simulación para robots de construcción
- Robótica de enjambre y sistemas multi-robot colaborativos
- Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs/drones) para topografía, inspección y entrega
- Robótica vestible (exoesqueletos) para asistencia y seguridad de trabajadores
- Fabricación digital y ensamblaje robótico de estructuras complejas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar diferentes niveles de automatización aplicables a tareas de construcción [Familiarizarse]
2. Seleccionar un sistema robótico o proceso de fabricación aditiva apropiado para una aplicación de construcción específica [Evaluar]
3. Explicar los desafíos y oportunidades de la impresión 3D con hormigón [Familiarizarse]
4. Simular una trayectoria robótica simple para colocar ladrillos o rociar aislamiento [Usar]
5. Diseñar un concepto para un enjambre de drones que mapee colaborativamente un sitio de construcción [Evaluar]
6. Describir los beneficios de seguridad y productividad de los exoesqueletos para trabajadores de construcción [Familiarizarse]
7. Planificar un flujo de trabajo de fabricación digital para un componente arquitectónico no estándar [Evaluar]
8. Evaluar el impacto económico y de programación de introducir robótica en un proyecto de construcción [Evaluar]

2.10. Infraestructura Sostenible y Resiliente (SRI)

Esta área de conocimiento integra los principios de sostenibilidad, resiliencia y adaptación climática en el ciclo de vida de la infraestructura civil. Se enfoca en diseñar, construir y gestionar sistemas que satisfagan las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias, mientras resisten y se recuperan de choques y tensiones naturales y antropogénicos.

Área de Conocimiento (KA)	**Core Tier1**	**Core Tier2**
⭐ 2.10.1 Principios Fundamentales de Sostenibilidad y Triple Resultado (Pág. 79)	1	1
⭐ 2.10.2 Eficiencia de Recursos y Economía Circular (Pág. 79)	1	1
⭐ 2.10.3 Dimensiones Social, Económica y de Gobernanza de la Infraestructura Sostenible (Pág. 79)	1	1
⭐ 2.10.4 Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático (Pág. 79)	1	1
⭐ 2.10.5 Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (Pág. 80)	1	1
2.10.6 Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) y Contabilidad de Carbono Incorporado (Pág. 81)	Electivo	
2.10.7 Soluciones basadas en la Naturaleza y Desarrollo de Bajo Impacto (Pág. 81)	Electivo	
2.10.8 Infraestructura Energética e Integración de Energía Renovable (Pág. 82)	Electivo	

Cuadro 2.10: Lista de KUs del área de Infraestructura Sostenible y Resiliente.

2.10.1. SRI/Principios Fundamentales de Sostenibilidad y Triple Resultado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Marco de triple resultado (TBL) y métricas de sostenibilidad
- Pensamiento de ciclo de vida y análisis de etapas para proyectos de infraestructura
- Diseño regenerativo y objetivos de impacto neto positivo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir los tres pilares del triple resultado y dar un ejemplo relacionado con infraestructura para cada uno [Familiarizarse]
2. Aplicar el pensamiento de ciclo de vida para comparar los impactos a largo plazo de dos materiales alternativos para pavimentación [Evaluar]
3. Desarrollar un objetivo de proyecto para lograr un impacto ambiental neto positivo [Evaluar]

2.10.2. SRI/Eficiencia de Recursos y Economía Circular (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Eficiencia de recursos: minimización del consumo de energía, agua y materiales
- Principios de economía circular: reducir, reutilizar, reciclar, recuperar (R4)
- Adquisición sostenible y gestión de la cadena de suministro

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la energía incorporada o la huella hídrica de un componente estructural simple [Usar]
2. Explicar cómo se pueden aplicar los principios de economía circular a los residuos de construcción y demolición [Familiarizarse]

2.10.3. SRI/Dimensiones Social, Económica y de Gobernanza de la Infraestructura Sostenible (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Temas:
Core

- Sostenibilidad social: equidad, accesibilidad y bienestar comunitario
- Sostenibilidad económica: costo de ciclo de vida y costo total de propiedad
- Marcos políticos y sistemas de clasificación verde (p. ej., Envision, LEED para Infraestructura)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Evaluar las implicaciones de equidad social de un proyecto de transporte propuesto [Evaluar]
2. Realizar un análisis de costo de ciclo de vida para justificar una inversión inicial mayor en un material duradero [Usar]
3. Utilizar una lista de verificación de un sistema de clasificación de infraestructura verde para evaluar el desempeño de sostenibilidad de un proyecto [Familiarizarse]

2.10.4. SRI/Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estrategias de diseño y soluciones de ingeniería para mejorar la capacidad de los sistemas de infraestructura para anticipar, absorber, adaptarse a y recuperarse de choques agudos (p. ej., terremotos, inundaciones) y tensiones crónicas (p. ej., elevación del nivel del mar, aumento de temperatura) de manera oportuna y eficiente.

Temas:
Core

- Conceptos de resiliencia: robustez, redundancia, ingenio, recuperación rápida

- Identificación de peligros y evaluación probabilística de riesgos
- Enfoques de diseño multi-peligro y compensaciones
- Proyecciones de cambio climático y su traducción a parámetros de diseño
- Resiliencia estructural: diseño basado en desempeño y tecnologías de control de daños
- Resiliencia de sistemas de sistemas para redes de infraestructura interconectadas
- Capacidad adaptativa y diseño flexible para futuros inciertos
- Resiliencia comunitaria y dimensiones sociales de la recuperación de infraestructura
- Financiamiento de resiliencia: análisis costo-beneficio y mecanismos innovadores de financiamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las cuatro propiedades clave (4Rs) de un sistema resiliente [Familiarizarse]
2. Realizar una evaluación de riesgo cualitativa para un sitio expuesto a múltiples peligros naturales [Evaluar]
3. Incorporar la proyección de elevación del nivel del mar o aumento de precipitación en la base de diseño de una estructura costera o de drenaje [Usar]
4. Explicar cómo el aislamiento de base o dispositivos de amortiguamiento mejoran la resiliencia estructural [Familiarizarse]
5. Analizar las fallas en cascada en redes interconectadas de agua y energía después de un terremoto [Evaluar]
6. Diseñar un sistema de cimentación flexible que pueda adaptarse para cargas futuras aumentadas [Usar]
7. Evaluar el papel del capital social y la preparación comunitaria en la recuperación post-desastre [Evaluar]
8. Realizar un análisis costo-beneficio para una mejora propuesta de resiliencia de infraestructura [Usar]

2.10.5. SRI/Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño integrado de edificios de alto desempeño y formas urbanas sostenibles que minimizan el impacto ambiental, optimizan el uso de recursos y mejoran la salud y el bienestar humanos, considerando energía, agua, materiales, calidad ambiental interior y ecología del sitio.
Temas:
Core

- Envolventes de edificio de alto desempeño y estrategias de diseño pasivo
- Modelado energético, sistemas HVAC eficientes y generación renovable in situ
- Eficiencia del agua: accesorios de bajo flujo, captación de agua pluvial y reúso de agua gris
- Calidad ambiental interior (IEQ): confort térmico, iluminación natural y calidad del aire
- Diseño sostenible de sitio: gestión de aguas pluviales, reducción de isla de calor, preservación de hábitat
- Diseño de edificio de energía y agua neto cero
- Tecnologías de edificios inteligentes y IoT para optimización operacional
- Sostenibilidad urbana: desarrollo orientado al transporte, densidad y planificación de usos mixtos
- Sistemas de certificación de edificación sostenible: LEED, BREEAM, Living Building Challenge

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar una sección de edificio que ilustre estrategias clave de calefacción y enfriamiento pasivo [Evaluar]
2. Dimensionar un sistema de captación de agua pluvial para un área de techo y demanda determinadas [Usar]
3. Explicar los parámetros clave que afectan la calidad del aire interior y el confort térmico [Familiarizarse]

4. Desarrollar un plan de sitio que minimice superficies impermeables e incorpore infraestructura verde [Usar]
5. Modelar el uso de energía de un edificio para demostrar un camino hacia energía neta cero [Evaluar]
6. Describir cómo un sistema de automatización de edificios puede optimizar el uso de energía y agua [Familiarizarse]
7. Planificar un nodo de desarrollo orientado al transporte (TOD) para reducir la dependencia vehicular [Evaluar]
8. Preparar documentación para un proyecto orientado a un nivel específico de certificación LEED [Usar]

2.10.6. SRI/Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) y Contabilidad de Carbono Incorporado

Metodología para cuantificar los impactos ambientales de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materia prima hasta la disposición final, con un enfoque específico en calcular y reducir el carbono incorporado en materiales y ensamblajes de construcción.

Temas:

Core

- Metodología ECV: definición de objetivos, análisis de inventario, evaluación de impactos, interpretación
- Fuentes y bases de datos de inventario de ciclo de vida (LCI) (p. ej., Ecoinvent)
- Categorías de evaluación de impactos: potencial de calentamiento global, acidificación, eutrofización
- Carbono incorporado: definiciones, métodos de cálculo y referencias
- Herramientas de software ECV y su aplicación a sistemas de construcción e infraestructura
- ECV de edificio completo e integración con BIM
- ECV dinámica y consideraciones temporales en la evaluación de impactos
- Secuestro de carbono en materiales biobasados y hormigón
- Impulsores políticos: presupuestos de carbono, regulaciones y precio del carbono

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Esquematizar las cuatro fases principales de una Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) estándar [Familiarizarse]
2. Compilar un inventario de ciclo de vida para una mezcla de hormigón usando una base de datos estándar [Usar]
3. Calcular el potencial de calentamiento global (carbono incorporado) de un elemento estructural definido [Evaluar]
4. Interpretar los resultados de una ECV comparativa para dos opciones de diseño competitivas [Familiarizarse]
5. Utilizar una herramienta de software ECV simplificada para modelar un ensamblaje pequeño de edificio [Usar]
6. Realizar una ECV de edificio completo usando herramientas integradas con BIM [Evaluar]
7. Explicar la importancia del horizonte temporal y factores dinámicos en la contabilidad de carbono [Familiarizarse]
8. Cuantificar el beneficio potencial de almacenamiento de carbono de usar madera masiva en lugar de hormigón [Evaluar]
9. Analizar cómo un impuesto al carbono afectaría la selección de materiales para un proyecto [Evaluar]

2.10.7. SRI/Soluciones basadas en la Naturaleza y Desarrollo de Bajo Impacto

Uso de procesos naturales y ecosistemas (p. ej., humedales, techos verdes, pavimentos permeables) para gestionar el agua, reducir la contaminación, mitigar el calor urbano, mejorar la biodiversidad y proporcionar otros servicios de infraestructura, a menudo combinados con sistemas convencionales de ingeniería.

Temas:
Core

- Conceptos de Soluciones basadas en la Naturaleza (NbS), tipología y co-beneficios
- Principios de Desarrollo de Bajo Impacto (LID) y técnicas a escala de sitio
- Infraestructura verde para aguas pluviales: canales bioswales, jardines de lluvia, humedales construidos
- Infraestructura azul-verde: restauración de arroyos urbanos y recuperación de ríos entubados
- Restauración de suelos y vegetación urbana para mitigación de calor y secuestro de carbono
- Ingeniería ecológica y creación de hábitat
- Sistemas híbridos gris-verdes y su cuantificación de desempeño
- Compromiso comunitario y aceptación social de NbS
- Marcos de política y planificación para integrar NbS a escala urbana

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir Soluciones basadas en la Naturaleza y enumerar tres beneficios clave más allá de la gestión del agua [Familiarizarse]
2. Diseñar un canal bioswale o jardín de lluvia para tratar el escurrimiento de un pequeño estacionamiento [Usar]
3. Comparar el costo y desempeño de un techo verde vs. un techo convencional para retención de aguas pluviales [Evaluar]
4. Explicar el concepto de "daylighting" de un arroyo y sus beneficios urbanos [Familiarizarse]
5. Diseñar un espacio verde multifuncional que proporcione almacenamiento de inundación y hábitat [Evaluar]
6. Cuantificar la reducción de escurrimiento y atenuación de caudal pico de un plan propuesto de infraestructura verde [Evaluar]
7. Desarrollar una estrategia de participación pública para un proyecto propuesto de restauración de humedales urbanos [Familiarizarse]
8. Integrar NbS en un plan maestro municipal de aguas pluviales [Evaluar]

2.10.8. SRI/Infraestructura Energética e Integración de Energía Renovable

Planificación, diseño y evaluación de sistemas energéticos para edificios y comunidades, con énfasis en eficiencia energética, fuentes de energía renovable (solar, eólica, geotérmica), almacenamiento de energía, microredes y el papel de la infraestructura civil para habilitar la transición energética.
Temas:
Core

- Fundamentos de sistemas energéticos: demanda, suministro, conversión y distribución
- Tecnologías de energía renovable: PV solar, solar térmica, eólica, bombas de calor geotérmicas
- Eficiencia energética en edificios y procesos industriales
- Tecnologías de almacenamiento de energía: baterías, bombeo hidráulico, almacenamiento térmico
- Integración a la red de recursos energéticos distribuidos y redes inteligentes
- Diseño de microredes para resiliencia e independencia energética comunitaria
- Papel de la infraestructura civil: PV integrado a edificio, cimentaciones de turbinas eólicas, pozos geotérmicos
- Análisis energético del ciclo de vida de proyectos de energía renovable
- Política, economía y financiamiento de infraestructura de energía renovable

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los principios de operación y aplicaciones típicas de tres tecnologías principales de energía renovable [Familiarizarse]
2. Calcular la generación anual potencial de energía de una instalación fotovoltaica en techo [Usar]
3. Auditar un edificio simple para identificar oportunidades clave de mejora de eficiencia energética [Evaluar]
4. Explicar la función del almacenamiento de energía en el balanceo de la generación renovable variable [Familiarizarse]

5. Diseñar una microred conceptual para un campus universitario para mejorar la resiliencia energética [Evaluar]
6. Evaluar las consideraciones estructurales y geotécnicas para el emplazamiento de una turbina eólica a escala de utilidad [Evaluar]
7. Realizar un análisis energético simple del ciclo de vida para una granja solar [Usar]
8. Analizar el impacto de una tarifa de compensación neta en la viabilidad financiera de un proyecto solar residencial [Familiarizarse]

2.11. Ingeniería de Instalaciones de Edificación (BSE)

Esta área de conocimiento cubre el diseño de las instalaciones sanitarias y eléctricas al interior de una edificación: suministro de agua, evacuación de aguas residuales, y el dimensionamiento y protección de instalaciones eléctricas domiciliarias.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.11.1 Sistema de Agua en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Pág. 83)	1	1
⭐ 2.11.2 Sistema de Evacuación de Aguas en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Pág. 83)	1	1
⭐ 2.11.3 Instalaciones Eléctricas de Edificación (Pág. 84)	1	1

Cuadro 2.11: Lista de KUs del área de Ingeniería de Instalaciones de Edificación.

2.11.1. BSE/Sistema de Agua en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Importancia y alcance de las instalaciones sanitarias, y diseño del sistema de agua fría y caliente de una edificación, incluyendo dotación, presiones, diámetros de tubería, cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo.

Temas:

Core

- Importancia y alcance de las instalaciones sanitarias en la edificación
- Diseño del sistema de agua fría: dotación, presiones y diámetros de tubería
- Diseño del sistema de agua caliente y otros usos del agua en la edificación
- Cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo de agua

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la importancia y el alcance de las instalaciones sanitarias en una edificación [Familiarizarse]
2. Diseñar el sistema de agua fría y caliente de una edificación determinando dotación, presiones y diámetros de tubería [Usar]
3. Dimensionar cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo de agua para una edificación [Evaluar]

2.11.2. BSE/Sistema de Evacuación de Aguas en Instalaciones Sanitarias de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales y pluviales de una edificación, incluyendo sistemas de ventilación sanitaria y trampas para el control de olores.

Temas:

Core

- Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales
- Diseño del sistema de evacuación de aguas pluviales de la edificación
- Sistemas de ventilación sanitaria y trampas para el control de olores

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar el sistema de evacuación de aguas residuales y pluviales de una edificación [Usar]
2. Aplicar los criterios de ventilación sanitaria y control de olores en el diseño de un sistema de desagüe [Evaluar]

2.11.3. BSE/Instalaciones Eléctricas de Edificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Diseño de instalaciones eléctricas domiciliarias: determinación de la potencia instalada y la demanda máxima, iluminación, puesta a tierra y tarifas eléctricas.
Temas:
Core

- Importancia y alcance de las instalaciones eléctricas en la edificación
- Determinación de la potencia instalada según normativa
- Cálculo de la máxima demanda y factores de demanda
- Diseño de circuitos derivados y alimentadores
- Conceptos básicos de iluminación en edificaciones
- Sistemas de puesta a tierra
- Tarifas eléctricas y facturación del servicio

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la importancia de las instalaciones eléctricas en una edificación [Familiarizarse]
2. Determinar la potencia instalada de una edificación según la normativa vigente [Usar]
3. Calcular la máxima demanda de una edificación aplicando los factores de demanda correspondientes [Evaluar]
4. Diseñar los circuitos derivados y alimentadores de una instalación eléctrica domiciliaria [Usar]
5. Aplicar conceptos de iluminación y puesta a tierra al diseño de una instalación eléctrica [Evaluar]

2.12. Práctica Profesional y Liderazgo de Proyectos (PPL)

Esta área de conocimiento abarca las habilidades no técnicas, marcos éticos y responsabilidades profesionales esenciales para la práctica exitosa de la ingeniería civil. Se enfoca en la comunicación, trabajo en equipo, liderazgo, economía de proyectos, aspectos legales, licenciatura y el papel del ingeniero en una sociedad global, preparando a los graduados para liderar proyectos y servir al interés público de manera responsable.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 2.12.1 ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional (Pág. 85)	1	1
⭐ 2.12.2 Comunicación Escrita y Redacción Técnica (Pág. 85)	1	1
⭐ 2.12.3 Presentación Oral y Comunicación Profesional (Pág. 85)	1	1
⭐ 2.12.4 Comunicación Digital y Colaborativa (Pág. 86)	1	1
⭐ 2.12.5 Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas) (Pág. 86)	1	1
⭐ 2.12.6 Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (Pág. 87)	1	1
⭐ 2.12.7 Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios (Pág. 87)	1	1
⭐ 2.12.8 Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales (Pág. 88)	1	1
⭐ 2.12.9 Contexto Profesional y Normativo (Pág. 89)	1	1
⭐ 2.12.10 Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente (Pág. 89)	1	1

Cuadro 2.12: Lista de KUs del área de Práctica Profesional y Liderazgo de Proyectos.

2.12.1. PPL/ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios morales, teorías éticas y códigos de conducta profesional que guían la práctica de la ingeniería. Involucra reconocer dilemas éticos, analizar los intereses de las partes interesadas y tomar decisiones que prioricen la seguridad, salud y bienestar públicos mientras se mantiene la integridad y honestidad.

Temas:

Core

- Teorías éticas: utilitarismo, ética del deber, ética de la virtud
- Códigos de conducta profesional (p. ej., ASCE, NSPE) y sus cánones fundamentales
- Responsabilidad primordial del ingeniero con la seguridad, salud y bienestar públicos
- Dilemas éticos en la práctica: conflictos de interés, denuncia de irregularidades, obsequios
- Marcos de toma de decisiones éticas y análisis de casos de estudio
- ética global en ingeniería y desafíos interculturales
- Obligaciones éticas para el desarrollo sostenible y la gestión ambiental
- Implicaciones éticas de tecnologías emergentes (IA, automatización, privacidad de datos)
- Conducta ética en resolución de disputas y litigios

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar los principios fundamentales del código de ética del ingeniero [Familiarizarse]
2. Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un escenario hipotético de ingeniería [Evaluar]
3. Identificar conflictos de interés y otras trampas éticas comunes en el trabajo de proyectos [Familiarizarse]
4. Analizar un caso histórico de falla de ingeniería desde una perspectiva ética [Evaluar]
5. Evaluar las dimensiones éticas de un proyecto con impactos sociales o ambientales significativos en un contexto cultural diferente [Evaluar]
6. Articular el argumento ético para incorporar la sostenibilidad en todo el trabajo de ingeniería [Familiarizarse]
7. Discutir las responsabilidades éticas relacionadas con la recolección y uso de datos en proyectos de infraestructura inteligente [Evaluar]
8. Describir el papel de la ética en los procesos de resolución alternativa de disputas [Familiarizarse]

2.12.2. PPL/Comunicación Escrita y Redacción Técnica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Comunicación escrita de contenido técnico para audiencias de ingeniería, que abarca el análisis de audiencia, la redacción de informes técnicos y la comunicación visual mediante gráficos, diagramas y diapositivas.

Temas:

Core

- Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico
- Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones
- Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar]
2. Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

2.12.3. PPL/Presentación Oral y Comunicación Profesional (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Entrega oral de información técnica y redacción de propuestas profesionales, que incluye la estructura y técnicas de entrega de presentaciones, el desarrollo de propuestas y los resúmenes ejecutivos para audiencias no técnicas.

Temas:
Core
- Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas
- Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos
- Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar]
2. Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse]
3. Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

2.12.4. PPL/Comunicación Digital y Colaborativa (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Prácticas de comunicación digital y colaborativa para equipos de ingeniería, que abarcan la gestión colaborativa de documentos, la comunicación digital y en redes sociales, y las técnicas de negociación persuasiva.
Temas:
Core
- Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo
- Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros
- Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar]
2. Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse]
3. Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

2.12.5. PPL/Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicación de principios económicos y técnicas de análisis para evaluar y comparar alternativas de proyectos de ingeniería. Incluye valor del dinero en el tiempo, estimación de costos, estudios de factibilidad, costeo de ciclo de vida e introducción a modelos de alianzas público-privada (PPP) para financiamiento de infraestructura.
Temas:
Core
- Valor del dinero en el tiempo: cálculos de valor presente, valor futuro y valor anual
- Comparación de alternativas de proyectos: valor presente, tasa de retorno, análisis costo-beneficio
- Métodos de depreciación y consideraciones fiscales en economía de ingeniería
- Estudios de factibilidad de proyectos y análisis de punto de equilibrio
- Riesgo e incertidumbre en análisis económico: análisis de sensibilidad y escenarios
- Costeo de ciclo de vida para activos de infraestructura
- Modelos de financiamiento de proyectos: deuda, patrimonio y alianzas público-privadas (PPP)
- Valoración de beneficios y costos intangibles en proyectos públicos
- Análisis de opciones reales para planificación flexible de proyectos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Calcular valor presente, valor futuro y valor anual para una serie de flujos de caja [Usar]

2. Comparar dos alternativas de proyectos mutuamente excluyentes usando análisis de valor presente [Evaluar]
3. Aplicar métodos de depreciación de línea recta y MACRS a un activo de capital [Usar]
4. Realizar un análisis básico de sensibilidad sobre las variables clave del modelo económico de un proyecto [Evaluar]
5. Realizar un análisis de costo de ciclo de vida para un puente, considerando construcción inicial, mantenimiento y costos de fin de vida [Usar]
6. Comparar la asignación de riesgos en un proyecto de Diseño-Construcción-Construcción vs. una Alianza Público-Privada (PPP) [Familiarizarse]
7. Monetizar los beneficios sociales (p. ej., tiempo de viaje reducido) de un proyecto de transporte para un análisis costo-beneficio [Evaluar]
8. Explicar cómo el análisis de opciones reales puede agregar valor a la planificación de un proyecto de infraestructura de múltiples fases [Familiarizarse]

2.12.6. PPL/Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Desarrollo de habilidades de liderazgo, comprensión de la dinámica de equipos y estrategias para colaboración efectiva y resolución de conflictos en equipos de proyectos multidisciplinarios. Incluye identificación y gestión de intereses diversos de stakeholders a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
Temas:
Core

- Estilos de liderazgo, rasgos y la diferencia entre liderazgo y gestión
- Dinámicas de equipo: etapas de formación, conflicto, normalización y desempeño y roles
- Estrategias de resolución de conflictos y negociación
- Identificación, análisis y planificación de involucramiento de stakeholders
- Teorías de motivación y su aplicación a equipos de ingeniería
- Inteligencia cultural y liderazgo de equipos diversos y globales
- Gestión del cambio y liderazgo de transformación organizacional
- Inteligencia emocional y su papel en el liderazgo efectivo
- Liderazgo ético y creación de una cultura organizacional ética

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir diferentes estilos de liderazgo e identificar situaciones donde cada uno podría ser efectivo [Familiarizarse]
2. Diagnosticar la etapa de desarrollo de un equipo de proyecto y proponer intervenciones apropiadas [Evaluar]
3. Resolver un conflicto interpersonal simulado dentro de un equipo de proyecto usando un enfoque estructurado [Usar]
4. Desarrollar un plan de involucramiento de stakeholders para un proyecto con oposición comunitaria [Evaluar]
5. Adaptar el enfoque de comunicación y liderazgo al trabajar con un equipo de un contexto cultural diferente [Evaluar]
6. Explicar los pasos clave en un proceso de gestión del cambio para implementar una nueva tecnología [Familiarizarse]
7. Evaluar la inteligencia emocional propia e identificar áreas de desarrollo [Evaluar]
8. Modelar comportamiento de liderazgo ético en una simulación de proyecto basado en equipo [Usar]

2.12.7. PPL/Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Proceso y requisitos para obtener licencia profesional de ingeniería (PE). Comprensión de principios legales que afectan la práctica de ingeniería, incluyendo derecho de responsabilidad civil civil, contratos, responsabilidad, estándar de cuidado y el entorno regulatorio para proyectos de infraestructura.

Temas:
Core

- Proceso de licencia profesional: examen EIT/FE, requisitos de experiencia, examen PE
- Fundamentos legales: agravios (negligencia), contratos y propiedad intelectual
- Responsabilidad profesional, errores y omisiones, y estándar de cuidado
- Marco regulatorio para diseño y construcción (códigos de construcción, regulaciones ambientales)
- Estrategias de gestión de riesgos: seguros, indemnización, limitación de responsabilidad
- Licencia internacional y acuerdos de reconocimiento mutuo
- Ingeniería forense y testimonio de perito experto
- Contratación gubernamental y el Reglamento Federal de Adquisiciones (FAR)
- Programas de cumplimiento y capacitación en ética para firmas de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Esquematizar los pasos y requisitos típicos para convertirse en un Ingeniero Profesional licenciado (PE) [Familiarizarse]
2. Definir los conceptos legales de negligencia, estándar de cuidado e incumplimiento de contrato en un contexto de ingeniería [Familiarizarse]
3. Analizar un caso para determinar si las acciones de un ingeniero cumplieron con el estándar de cuidado profesional [Evaluar]
4. Identificar los permisos regulatorios clave requeridos para un proyecto típico de desarrollo de terrenos [Familiarizarse]
5. Explicar el propósito del seguro de responsabilidad profesional y las exclusiones comunes de la póliza [Familiarizarse]
6. Comparar los requisitos de licencia en dos países diferentes [Familiarizarse]
7. Preparar un esquema para un informe de perito experto sobre una falla técnica [Evaluar]
8. Describir los desafíos únicos y reglas de la contratación gubernamental para servicios de ingeniería [Familiarizarse]
9. Diseñar un módulo simple de capacitación en ética y cumplimiento para una consultora de ingeniería [Evaluar]

2.12.8. PPL/Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Práctica de la ingeniería en un contexto internacional, incluyendo conciencia de diferencias culturales, modelos globales de entrega de proyectos, estándares internacionales (ISO, FIDIC), logística de cadena de suministro y el papel de la ingeniería en abordar desafíos globales como el desarrollo sostenible y el cambio climático.

Temas:
Core

- Globalización de la ingeniería: impulsores, oportunidades y desafíos
- Dimensiones culturales y su impacto en la comunicación, negociación y gestión de proyectos
- Organizaciones de estándares internacionales (ISO) y su papel en la armonización
- Condiciones de contrato FIDIC y entrega internacional de proyectos
- Desafíos globales: Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (SDG) y el papel del ingeniero
- Gestión global de cadena de suministro y logística para construcción
- Asignacionesexpatriadas y trabajo en equipos multinacionales
- Gestión de riesgos para proyectos internacionales: riesgos políticos, de moneda y de fuerza mayor
- Transferencia de tecnología y fortalecimiento de capacidades en regiones en desarrollo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir cómo las diferencias culturales pueden afectar la dinámica de equipo y los resultados de proyectos en proyectos internacionales [Familiarizarse]
2. Usar un marco de dimensiones culturales para analizar un malentendido intercultural en un estudio de caso de proyecto [Evaluar]

3. Identificar estándares ISO clave relevantes para gestión de calidad (ISO 9001) y gestión ambiental (ISO 14001) en ingeniería [Familiarizarse]
4. Explicar la estructura y principios clave de los Libros Rojo y Amarillo de FIDIC [Familiarizarse]
5. Mapear los objetivos de un proyecto de ingeniería civil a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG) relevantes de la ONU [Evaluar]
6. Desarrollar un registro de riesgos para un proyecto de joint venture internacional, identificando riesgos políticos y de moneda [Evaluar]
7. Esquematizar las consideraciones clave para un ingeniero que acepta una asignación a largo plazo en un país extranjero [Familiarizarse]
8. Diseñar un plan de transferencia de tecnología para implementar un nuevo proceso de tratamiento de agua en una comunidad en desarrollo [Evaluar]

2.12.9. PPL/Contexto Profesional y Normativo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Panorama de las principales categorías de obras de ingeniería civil – edificaciones, infraestructura de transporte e hidráulica, y estructuras especiales/industriales – y el contexto profesional, normativo y de seguridad pública que rige su planificación y diseño en el Perú, con énfasis en el perfil de riesgo elevado de las estructuras especiales/industriales como chimeneas y tanques de almacenamiento de líquidos.

Temas:

Core

- Tipología de obras de ingeniería civil: edificaciones, infraestructura de transporte e hidráulica, y estructuras especiales/industriales (chimeneas, tanques, silos)
- Marco normativo peruano (Reglamento Nacional de Edificaciones) y estándares internacionales aplicables (ACI, ASCE) para estructuras especiales/industriales
- Responsabilidad profesional y consideraciones de riesgo para la seguridad pública específicas de estructuras especiales/industriales ante el peligro sísmico
- Proceso de diseño y actores involucrados en un proyecto de estructuras especiales/industriales: propietario, ingeniero proyectista y autoridad normativa

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar las obras de ingeniería civil por tipología e identificar el marco normativo aplicable a estructuras especiales/industriales [Familiarizarse]
2. Explicar la responsabilidad profesional y las consideraciones de riesgo para la seguridad pública específicas del diseño de estructuras especiales/industriales [Familiarizarse]
3. Describir el proceso de diseño y los actores involucrados en un proyecto de estructuras especiales/industriales [Usar]

2.12.10. PPL/Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Panorama del inventario y la condición de la infraestructura civil existente del Perú – edificaciones, puentes y líneas vitales – las causas y consecuencias del déficit de infraestructura, y el contexto económico, de gestión de riesgos y normativo que rige la decisión de rehabilitar frente a reemplazar estructuras existentes deficientes.

Temas:

Core

- Panorama del inventario y la condición de la infraestructura civil existente del Perú: edificaciones, puentes y líneas vitales
- Causas y consecuencias del déficit de infraestructura: antigüedad, mantenimiento inadecuado, construcción informal y vulnerabilidad sísmica
- Implicancias económicas, sociales y de gestión de riesgos de la rehabilitación frente al reemplazo de infraestructura
- Marco institucional y normativo para la rehabilitación de estructuras existentes en el Perú

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir la condición y tipología de la infraestructura civil existente del Perú [Familiarizarse]
2. Explicar las causas y consecuencias del déficit de infraestructura en el contexto peruano [Familiarizarse]
3. Discutir los criterios económicos y de gestión de riesgos utilizados para decidir entre la rehabilitación y el reemplazo de infraestructura existente [Usar]

Capítulo 3

Cuerpo del conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*)

Las 18 áreas de conocimiento en Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) son:

3.1 Ingeniería de Pavimentos y Vías (TIE) (Pág. 92)
- 3.1.1 Materiales de Pavimento y Caracterización (Pág. 92)
- 3.1.2 Diseño y Gestión de Pavimentos (Pág. 93)
- 3.1.3 Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (Pág. 93)
- 3.1.4 Gestión de Activos Viales y de Puentes (Pág. 94)

3.2 Ingeniería de Diseño Geométrico (GDE) (Pág. 94)
- 3.2.1 Controles y Criterios de Diseño (Pág. 94)
- 3.2.2 Diseño del Alineamiento Horizontal (Pág. 95)
- 3.2.3 Diseño del Alineamiento Vertical (Pág. 95)
- 3.2.4 Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral (Pág. 96)
- 3.2.5 Intersecciones a Nivel e Intercambiadores (Pág. 96)
- 3.2.6 Diseño Sensible al Contexto y Multimodal (Pág. 96)

3.3 Ingeniería de Transporte (TRE) (Pág. 97)
- 3.3.1 Planificación de Transporte y Economía (Pág. 97)
- 3.3.2 Economía y Financiamiento del Transporte (Pág. 98)
- 3.3.3 Transporte de Carga y Logística (Pág. 98)
- 3.3.4 Planificación de Sistemas de Transporte Público (Pág. 98)

3.4 Ingeniería de Tránsito (TFE) (Pág. 99)
- 3.4.1 Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad (Pág. 99)
- 3.4.2 Operaciones y Gestión del Tráfico (Pág. 99)
- 3.4.3 Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados (Pág. 100)
- 3.4.4 Ingeniería de Seguridad Vial (Pág. 100)
- 3.4.5 Dispositivos de Control del Tránsito (Pág. 101)
- 3.4.6 Estudios de Impacto Vial (Pág. 101)

3.5 Ingeniería Aeroportuaria (APE) (Pág. 101)
- 3.5.1 Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda (Pág. 102)
- 3.5.2 Diseño Geométrico del Lado Aire (Pág. 102)
- 3.5.3 Diseño y Evaluación de Pavimentos de Campo Aéreo (Pág. 102)
- 3.5.4 Drenaje, Iluminación y Ayudas Visuales de Campo Aéreo (Pág. 103)
- 3.5.5 Diseño de Terminal y Lado Tierra (Pág. 103)
- 3.5.6 Espacio Aéreo y Operaciones de Tránsito Aéreo (Pág. 103)
- 3.5.7 Seguridad, Protección y Regulación Aeroportuaria (Pág. 104)

3.6 Ingeniería Ferroviaria (RWE) (Pág. 104)
- 3.6.1 Diseño de Alineamiento Ferroviario (Pág. 105)
- 3.6.2 Diseño de la Estructura de Vía (Pág. 105)
- 3.6.3 Señalización Ferroviaria y Control de Trenes (Pág. 105)
- 3.6.4 Electrificación Ferroviaria (Pág. 106)
- 3.6.5 Fundamentos de Material Rodante (Pág. 106)
- 3.6.6 Capacidad y Operaciones Ferroviarias (Pág. 106)
- 3.6.7 Diseño de Estaciones y Terminales Ferroviarias (Pág. 107)

3.7 Ingeniería Portuaria (PTE) (Pág. 107)
- 3.7.1 Planificación Portuaria (Pág. 107)
- 3.7.2 Hidráulica Marítima para Puertos (Pág. 108)
- 3.7.3 Rompeolas y Estructuras Costeras (Pág. 108)
- 3.7.4 Diseño de Atraques y Muelles (Pág. 108)
- 3.7.5 Dragado y Batimetría (Pág. 108)
- 3.7.6 Manipulación de Carga y Diseño de Patios (Pág. 109)
- 3.7.7 Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria (Pág. 109)

3.8 Topografía (TOP) (Pág. 109)
- 3.8.1 Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición (Pág. 110)
- 3.8.2 Planimetría (Pág. 110)
- 3.8.3 Nivelación y Control Vertical (Pág. 110)
- 3.8.4 Estación Total y Teodolito (Pág. 111)
- 3.8.5 Topografía GNSS (Pág. 111)
- 3.8.6 Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno (Pág. 111)
- 3.8.7 Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras (Pág. 112)
- 3.8.8 Replanteo de Obra (Pág. 112)

3.9 Geodesia (GEO) (Pág. 112)
- 3.9.1 Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia (Pág. 112)
- 3.9.2 Redes Geodésicas de Control (Pág. 113)
- 3.9.3 Geodesia Física y el Campo Gravitacional (Pág. 113)
- 3.9.4 Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión (Pág. 113)

3.10 Cartografía (CAR) (Pág. 114)
- 3.10.1 Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia (Pág. 114)
- 3.10.2 Diseño Cartográfico y Generalización (Pág. 115)
- 3.10.3 Cartografía Topográfica y Temática (Pág. 115)
- 3.10.4 Modelos de Datos y Estándares Cartográficos (Pág. 115)

3.11 Fotogrametría (FOT) (Pág. 116)
- 3.11.1 Fundamentos Fotogramétricos (Pág. 116)
- 3.11.2 Triangulación Aérea y Georreferenciación (Pág. 116)
- 3.11.3 Productos Fotogramétricos Digitales (Pág. 117)
- 3.11.4 Fotogrametría UAV y de Corto Alcance (Pág. 117)

3.12 Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Pág. 118)
- 3.12.1 Fundamentos y Modelos de Datos SIG (Pág. 118)

- 3.12.2 Análisis Espacial y Geoprocesamiento (Pág. 118)
- 3.12.3 Adquisición e Integración de Datos SIG (Pág. 119)
- 3.12.4 Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil (Pág. 119)

3.13 Teledetección (TLD) (Pág. 119)

- 3.13.1 Fundamentos de Teledetección (Pág. 120)
- 3.13.2 Procesamiento Digital de Imágenes (Pág. 120)
- 3.13.3 Teledetección Activa: LiDAR y Radar (Pág. 120)
- 3.13.4 Aplicaciones de la Teledetección en Ingeniería Civil (Pág. 121)

3.14 Análisis y Modelación de Sistemas de Transporte (TSA) (Pág. 121)

- 3.14.1 Fundamentos de Sistemas de Transporte (Pág. 121)
- 3.14.2 Modelación de Redes de Transporte (Pág. 122)
- 3.14.3 Métodos de Simulación de Transporte (Pág. 122)
- 3.14.4 Optimización Aplicada al Transporte (Pág. 122)
- 3.14.5 Analítica de Datos para el Transporte (Pág. 123)

3.15 Planificación Urbana y Regional del Transporte (UTP) (Pág. 123)

- 3.15.1 Integración de Uso de Suelo y Transporte (Pág. 123)
- 3.15.2 Planificación Regional del Transporte (Pág. 124)
- 3.15.3 Desarrollo Orientado al Tránsito (Pág. 124)
- 3.15.4 Planificación del Transporte Activo (Pág. 124)
- 3.15.5 Gestión de Estacionamientos y Espacio Vial (Pág. 125)

3.16 Política, Regulación y Gobernanza del Transporte (TPL) (Pág. 125)

- 3.16.1 Marcos de Política de Transporte (Pág. 125)
- 3.16.2 Derecho y Regulación del Transporte (Pág. 126)
- 3.16.3 Evaluación Ambiental y Permisos (Pág. 126)
- 3.16.4 Equidad y Accesibilidad en el Transporte (Pág. 126)
- 3.16.5 Gobernanza Institucional del Transporte (Pág. 126)

3.17 Movilidad Sostenible y Resiliente (SMT) (Pág. 127)

- 3.17.1 Emisiones del Transporte y Descarbonización (Pág. 127)
- 3.17.2 Electrificación y Combustibles Alternativos (Pág. 127)
- 3.17.3 Resiliencia Climática de la Infraestructura de Transporte (Pág. 128)
- 3.17.4 Mitigación de Ruido y Calidad del Aire (Pág. 128)
- 3.17.5 Evaluación de Sostenibilidad de Ciclo de Vida (Pág. 128)

3.18 Gestión de Proyectos y Práctica Profesional en Transporte (TPM) (Pág. 129)

- 3.18.1 Métodos de Entrega de Proyectos de Transporte (Pág. 129)
- 3.18.2 Estimación de Costos y Programación (Pág. 129)
- 3.18.3 Gestión de Construcción de Proyectos de Transporte (Pág. 130)
- 3.18.4 Participación de Interesados (Pág. 130)
- 3.18.5 Ética y Práctica Profesional (Pág. 130)

3.1. Ingeniería de Pavimentos y Vías (TIE)

Esta área de conocimiento abarca la caracterización, diseño, evaluación y gestión de pavimentos, y la gestión de activos viales y de puentes.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 3.1.1 Materiales de Pavimento y Caracterización (Pág. 92)	1	1
⭐ 3.1.2 Diseño y Gestión de Pavimentos (Pág. 93)	1	1
⭐ 3.1.3 Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (Pág. 93)	1	1
⭐ 3.1.4 Gestión de Activos Viales y de Puentes (Pág. 94)	1	1

Cuadro 3.1: Lista de KUs del área de Ingeniería de Pavimentos y Vías.

3.1.1. TIE/Materiales de Pavimento y Caracterización (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Tipos de pavimento, propiedades del asfalto y agregados, caracterización de la subrasante y tecnologías de pavimentación sostenible.

Temas:

Core

- Tipos de pavimento y componentes estructurales
- Propiedades del ligante asfáltico y de las mezclas asfálticas
- Propiedades de los agregados y requisitos de gradación
- Caracterización y estabilización de la subrasante
- Tecnologías sostenibles de pavimentación y reciclaje

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar tipos de pavimento y describir sus funciones estructurales [Familiarizarse]
2. Caracterizar ligantes asfálticos y diseñar mezclas asfálticas [Evaluar]
3. Evaluar la calidad de los agregados para aplicaciones en pavimentos [Usar]
4. Evaluar la resistencia de la subrasante y especificar tratamientos de estabilización [Evaluar]
5. Incorporar prácticas sostenibles y materiales reciclados en el diseño de pavimentos [Familiarizarse]

3.1.2. TIE/Diseño y Gestión de Pavimentos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Determinación de la carga de tránsito y de parámetros de diseño, diseño de pavimentos flexibles y rígidos, métodos mecanicista-empíricos, predicción de desempeño, rehabilitación y sistemas de gestión de pavimentos.

Temas:

Core

- Caracterización de la carga de tránsito y cálculo del eje simple equivalente de diseño (ESAL)
- Confiabilidad de diseño, serviciabilidad y factores de drenaje/ambientales en el diseño de pavimentos
- Diseño de pavimentos flexibles usando métodos empíricos
- Diseño de pavimentos rígidos y sistemas de juntas
- Métodos de diseño de pavimentos mecanicista-empíricos
- Predicción del desempeño de pavimentos y mecanismos de deterioro
- Estrategias de rehabilitación y diseño de sobrecapas
- Sistemas de gestión de pavimentos y análisis de costo del ciclo de vida

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el eje simple equivalente de diseño (ESAL) a partir de la composición del tránsito y proyecciones de crecimiento [Usar]
2. Determinar la confiabilidad de diseño, la serviciabilidad y los parámetros de drenaje/ambientales para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos [Evaluar]
3. Diseñar pavimentos flexibles usando métodos AASHTO o equivalentes [Evaluar]
4. Dimensionar el espesor de pavimentos rígidos y diseñar espaciamiento de juntas [Usar]
5. Aplicar métodos mecanicista-empíricos para el diseño de pavimentos [Usar]
6. Predecir el desempeño de pavimentos e identificar mecanismos de deterioro [Evaluar]
7. Seleccionar estrategias de rehabilitación apropiadas y diseñar sobrecapas [Usar]
8. Implementar sistemas de gestión de pavimentos y realizar análisis del ciclo de vida [Evaluar]

3.1.3. TIE/Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Evaluación superficial de fallas y rugosidad, evaluación estructural mediante ensayos de deflexión, estimación de la vida remanente y toma de decisiones de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos en servicio.

Temas:

Core

- Levantamiento visual de fallas y cálculo del índice de condición del pavimento (PCI)
- Medición de la rugosidad del pavimento y el índice de rugosidad internacional (IRI)
- Evaluación estructural mediante ensayos de deflexión (deflectómetro de impacto, viga Benkelman)
- Retrocálculo de los módulos de las capas del pavimento y evaluación de la capacidad estructural
- Estimación de la vida útil remanente y selección de tratamientos de rehabilitación
- Planificación y programación de mantenimiento y rehabilitación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar levantamientos visuales de fallas y calcular el índice de condición del pavimento (PCI) [Usar]
2. Explicar los métodos de medición de rugosidad del pavimento e interpretar el índice de rugosidad internacional [Familiarizarse]
3. Realizar la evaluación estructural de pavimentos en servicio mediante ensayos de deflexión [Usar]
4. Retrocalcular los módulos de las capas del pavimento a partir de los datos del cuenco de deflexión [Evaluar]
5. Estimar la vida útil remanente de un pavimento y seleccionar un tratamiento apropiado [Evaluar]
6. Elaborar planes y cronogramas de mantenimiento y rehabilitación [Usar]

3.1.4. TIE/Gestión de Activos Viales y de Puentes (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios y métodos para inventariar, inspeccionar, evaluar la condición y priorizar la conservación de redes de carreteras y puentes a lo largo de su ciclo de vida.

Temas:

Core

- Inventario, inspección y evaluación de la condición de carreteras y puentes
- Índices de condición, modelos de deterioro y criterios de priorización para programas de mantenimiento y rehabilitación
- Análisis de costo del ciclo de vida y presupuesto para la conservación de redes viales y de puentes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los fundamentos de un sistema de gestión de activos de infraestructura para carreteras y puentes [Familiarizarse]
2. Aplicar índices de condición y criterios de priorización para planificar acciones de mantenimiento y rehabilitación en una red vial o de puentes [Usar]
3. Analizar el costo del ciclo de vida para presupuestar programas de conservación de infraestructura vial y de puentes [Evaluar]

3.2. Ingeniería de Diseño Geométrico (GDE)

Esta área de conocimiento cubre el diseño geométrico de carreteras, calles e intersecciones: controles y criterios de diseño, alineamiento horizontal y vertical, diseño de sección transversal y de la zona lateral, intersecciones a nivel e intercambiadores, y la práctica de diseño sensible al contexto y multimodal.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.2.1 Controles y Criterios de Diseño (Pág. 94)	Electivo	
3.2.2 Diseño del Alineamiento Horizontal (Pág. 95)	Electivo	
3.2.3 Diseño del Alineamiento Vertical (Pág. 95)	Electivo	
3.2.4 Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral (Pág. 96)	Electivo	
3.2.5 Intersecciones a Nivel e Intercambiadores (Pág. 96)	Electivo	
3.2.6 Diseño Sensible al Contexto y Multimodal (Pág. 96)	Electivo	

Cuadro 3.2: Lista de KUs del área de Ingeniería de Diseño Geométrico.

3.2.1. GDE/Controles y Criterios de Diseño

Características del vehículo de diseño y del desempeño del conductor, clasificación funcional y dominio de diseño, selección de velocidad de diseño, y el proceso de excepción de diseño que en conjunto rigen toda decisión posterior de diseño geométrico.

Temas:

Core

- Tipos de vehículo de diseño y características de las plantillas de giro
- Características del desempeño del conductor: tiempo de percepción-reacción y altura de ojo/objeto
- Clasificación funcional de carreteras y calles, y su relación con los criterios de diseño
- Selección de la velocidad de diseño y su relación con la velocidad de operación
- Concepto de dominio de diseño y rangos flexibles de criterios de diseño
- Proceso de excepción de diseño para criterios subestándar

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar un vehículo de diseño apropiado y aplicar su plantilla de giro a un trazado [Familiarizarse]

2. Aplicar los parámetros de desempeño del conductor (tiempo de percepción-reacción, altura de ojo/objeto) en cálculos de diseño [Usar]
3. Determinar la clasificación funcional de una vía y los criterios de diseño que implica [Evaluar]
4. Seleccionar una velocidad de diseño consistente con el contexto, la función y las expectativas de velocidad de operación [Evaluar]
5. Explicar el concepto de dominio de diseño y su uso en el diseño flexible [Familiarizarse]
6. Documentar una excepción de diseño para un criterio que no puede cumplirse [Usar]

3.2.2. GDE/Diseño del Alineamiento Horizontal

Diseño de curvas horizontales y sus transiciones, peralte, y los criterios de distancia de visibilidad y confort que rigen un alineamiento horizontal seguro.

Temas:

Core

- Geometría y trazado de curvas circulares simples
- Curvas de transición en espiral y su aplicación
- Diseño del peralte, tasas, y longitudes de transición/desarrollo
- Factores de fricción lateral y determinación del radio mínimo
- Distancia de visibilidad horizontal y obstrucciones de visibilidad en curvas
- Consideraciones de diseño de curvas compuestas e inversas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar curvas horizontales circulares simples para una velocidad de diseño dada [Usar]
2. Aplicar curvas de transición en espiral cuando lo requiera la velocidad de diseño y la curvatura [Evaluar]
3. Diseñar las tasas de peralte y las longitudes de transición/desarrollo de una curva horizontal [Evaluar]
4. Determinar el radio mínimo de curva a partir de la fricción lateral y los límites de peralte [Usar]
5. Verificar la distancia de visibilidad horizontal e identificar obstrucciones a lo largo de una curva [Evaluar]
6. Evaluar trazados de curvas compuestas e inversas según las guías de diseño [Familiarizarse]

3.2.3. GDE/Diseño del Alineamiento Vertical

Diseño de pendientes y curvas verticales, y los criterios de distancia de visibilidad de parada, de paso, y de holgura vertical que determinan un alineamiento vertical seguro y confortable.

Temas:

Core

- Control de pendiente máxima y mínima, y longitud crítica de pendiente
- Diseño de curvas verticales convexas (crestas) para distancia de visibilidad de parada
- Diseño de curvas verticales cóncavas (sag) para criterios de faros y confort
- Cálculo y aplicación de la distancia de visibilidad de parada
- Distancia de visibilidad de paso en carreteras de dos carriles
- Requisitos de holgura vertical en estructuras y pasos a desnivel

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar los criterios de control de pendiente, incluyendo la longitud crítica de pendiente para camiones [Evaluar]
2. Diseñar curvas verticales convexas que satisfagan la distancia de visibilidad de parada [Evaluar]
3. Diseñar curvas verticales cóncavas que satisfagan los criterios de faros y confort [Evaluar]
4. Calcular la distancia de visibilidad de parada para una velocidad de diseño y pendiente dadas [Usar]
5. Determinar los requisitos de distancia de visibilidad de paso en carreteras de dos carriles [Usar]
6. Verificar la holgura vertical en estructuras según los estándares de diseño [Familiarizarse]

3.2.4. GDE/Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral

Diseño de carriles de circulación, bermas, separadores centrales y demás elementos de sección transversal, y los criterios de diseño de zona lateral, zona libre de obstáculos, y barreras que protegen a los vehículos fuera de control.

Temas:

Core

- Selección del ancho de carril y berma según la clase funcional y el contexto
- Tipos y anchos de separador central, y criterios de barrera en el separador
- Pendiente transversal, transición del peralte y consideraciones de drenaje
- Determinación del ancho de la zona libre de obstáculos y clasificación del riesgo lateral
- Selección, ubicación y terminales de las barreras de seguridad laterales
- Diseño de la sección transversal de veredas, ciclovías y fajas de separación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar los anchos de carril y berma apropiados según la clase funcional y el contexto [Usar]
2. Determinar el tipo de separador central, su ancho, y el criterio de barrera para una vía dada [Evaluar]
3. Explicar la pendiente transversal y los requisitos de drenaje en el diseño de la sección transversal [Familiarizarse]
4. Determinar el ancho de la zona libre de obstáculos a partir de la clasificación de riesgo lateral y la velocidad de diseño [Evaluar]
5. Seleccionar y ubicar barreras de seguridad laterales y sus terminales [Usar]
6. Diseñar las secciones transversales de vereda, ciclovía y faja de separación para una calle completa [Evaluar]

3.2.5. GDE/Intersecciones a Nivel e Intercambiadores

Diseño geométrico de la canalización y carriles de giro en intersecciones a nivel, y la selección y diseño de rampas/tramos de entrecruzamiento de intercambiadores a desnivel.

Temas:

Core

- Tipos de intersección a nivel y consideraciones de alineamiento/esviaje
- Canalización y diseño de carriles de giro (izquierdo/derecho)
- Distancia de visibilidad en intersecciones y triángulos de visibilidad de aproximación
- Tipos de intercambiador y criterios de selección (diamante, trébol, direccional)
- Diseño geométrico de rampas y tratamiento del área de horquilla (gore)
- Geometría de tramos de entrecruzamiento y diseño de carriles auxiliares

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar un tipo de intersección a nivel y alineamiento apropiado para las condiciones de aproximación [Evaluar]
2. Diseñar la canalización y los carriles de giro de una intersección a nivel [Usar]
3. Verificar la distancia de visibilidad de la intersección frente a los criterios del triángulo de visibilidad de aproximación [Usar]
4. Seleccionar un tipo de intercambiador apropiado según el tránsito, el derecho de vía y las restricciones de terreno [Evaluar]
5. Diseñar la geometría de rampas y los tratamientos del área de horquilla [Usar]
6. Analizar la geometría de un tramo de entrecruzamiento y los requisitos de carriles auxiliares [Evaluar]

3.2.6. GDE/Diseño Sensible al Contexto y Multimodal

Práctica de diseño sensible al contexto y principios de calles completas para equilibrar a los usuarios multimodales, junto con la coordinación tridimensional del alineamiento horizontal y vertical.

Temas:

Core

- Proceso de diseño sensible al contexto y flexibilidad de criterios basada en actores involucrados
- Principios de calles completas y acomodación multimodal
- Elementos de pacificación del tránsito para calles urbanas y residenciales
- Coordinación tridimensional del alineamiento horizontal y vertical
- Consideraciones estéticas y ambientales en el diseño geométrico
- Gestión de accesos y criterios de espaciamiento de entradas vehiculares

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el proceso de diseño sensible al contexto y cuándo es apropiada la flexibilidad de diseño [Familiarizarse]
2. Aplicar los principios de calles completas para acomodar múltiples modos de viaje [Usar]
3. Seleccionar elementos de pacificación del tránsito apropiados para un contexto urbano o residencial [Evaluar]
4. Coordinar el alineamiento horizontal y vertical para un diseño tridimensionalmente consistente [Evaluar]
5. Considerar factores estéticos y ambientales en las decisiones de diseño geométrico [Familiarizarse]
6. Aplicar los criterios de gestión de accesos al espaciamiento de entradas e intersecciones [Usar]

3.3. Ingeniería de Transporte (TRE)

Esta área de conocimiento abarca la planificación de transporte, el pronóstico de demanda, la evaluación económica y el financiamiento, la logística de carga, y la planificación de sistemas de transporte público.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.3.1 Planificación de Transporte y Economía (Pág. 97)	Electivo	
3.3.2 Economía y Financiamiento del Transporte (Pág. 98)	Electivo	
3.3.3 Transporte de Carga y Logística (Pág. 98)	Electivo	
3.3.4 Planificación de Sistemas de Transporte Público (Pág. 98)	Electivo	

Cuadro 3.3: Lista de KUs del área de Ingeniería de Transporte.

3.3.1. TRE/Planificación de Transporte y Economía

Principios de planificación del transporte, pronóstico de demanda, evaluación de proyectos y análisis económico de inversiones en transporte.
Temas:
Core

- Proceso de planificación de transporte y marco institucional
- Modelación y métodos de pronóstico de la demanda de viajes
- Modelo de demanda de viajes de cuatro etapas
- Métodos de recolección de datos para planificación de transporte
- Evaluación económica y análisis costo-beneficio
- Modelación basada en actividades y técnicas avanzadas de pronóstico
- Planificación de transporte multimodal e integración
- Transporte sostenible y consideraciones ambientales
- Participación pública y compromiso con las partes interesadas
- Medidas de desempeño y monitoreo del sistema

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el proceso de planificación de transporte y las relaciones institucionales [Familiarizarse]
2. Aplicar métodos de pronóstico de demanda de viajes para predecir patrones futuros de viaje [Evaluar]
3. Implementar el modelo de demanda de viajes de cuatro etapas para análisis regional [Usar]
4. Diseñar programas de recolección de datos para estudios de transporte [Evaluar]

5. Realizar análisis costo-beneficio para proyectos de transporte [Usar]
6. Utilizar modelos basados en actividades para análisis avanzado de demanda de viajes [Evaluar]
7. Desarrollar planes integrados de transporte multimodal [Usar]
8. Incorporar principios de sostenibilidad en la planificación del transporte [Evaluar]
9. Facilitar procesos de participación pública en la planificación del transporte [Familiarizarse]
10. Establecer medidas de desempeño y sistemas de monitoreo para redes de transporte [Evaluar]

3.3.2. TRE/Economía y Financiamiento del Transporte

Métodos de evaluación económica de proyectos de transporte, financiamiento de infraestructura y asociaciones público-privadas, y mecanismos de tarificación vial y de financiamiento.

Temas:

Core

- Métodos de evaluación económica de proyectos de transporte (VAN, TIR, relación costo-beneficio)
- Financiamiento de infraestructura de transporte y asociaciones público-privadas
- Tarificación vial, tarificación por congestión y mecanismos de captura de valor
- Subsidios al transporte público y mecanismos de financiamiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Evaluar un proyecto de transporte usando los métodos de VAN, TIR y relación costo-beneficio [Usar]
2. Describir mecanismos de financiamiento de infraestructura, incluyendo asociaciones público-privadas [Familiarizarse]
3. Evaluar mecanismos de tarificación vial y de captura de valor para un corredor de transporte [Evaluar]
4. Explicar las estructuras de subsidio al transporte público y sus mecanismos de financiamiento [Familiarizarse]

3.3.3. TRE/Transporte de Carga y Logística

Modelación de la demanda de carga, diseño de redes logísticas y de cadena de suministro, terminales de carga intermodal, y distribución urbana de mercancías.

Temas:

Core

- Modelación de la demanda de carga y análisis de flujo de mercancías
- Diseño de redes logísticas y de cadena de suministro de carga
- Terminales de carga intermodal e instalaciones de transferencia
- Distribución urbana de mercancías y entrega de última milla

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Modelar la demanda de carga y los flujos de mercancías de una región [Usar]
2. Diseñar una red logística para cadenas de suministro de carga [Usar]
3. Describir el rol de las terminales de carga intermodal en una red logística [Familiarizarse]
4. Proponer estrategias de distribución urbana de mercancías para reducir los impactos de la entrega de última milla [Evaluar]

3.3.4. TRE/Planificación de Sistemas de Transporte Público

Planificación de rutas y redes de transporte público, selección de modo de transporte y diseño de servicio, política e integración tarifaria, y accesibilidad al transporte público.

Temas:

Core

- Planificación de rutas y redes de transporte público
- Selección de modo de transporte (bus, BRT, tren ligero, metro) y diseño de servicio
- Política tarifaria e integración tarifaria multimodal

- Accesibilidad al transporte público y conexiones de primera/última milla

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Planificar una ruta y red de transporte público para un área de servicio dada [Usar]
2. Seleccionar un modo de transporte público apropiado y diseñar sus características de servicio [Evaluar]
3. Describir opciones de política tarifaria y enfoques de integración tarifaria multimodal [Familiarizarse]
4. Mejorar la accesibilidad al transporte público mediante estrategias de conexión de primera/última milla [Usar]

3.4. Ingeniería de Tránsito (TFE)

Esta área de conocimiento abarca la teoría del flujo vehicular y el análisis de capacidad, las operaciones y gestión del tráfico, los sistemas de transporte inteligente, y la ingeniería de seguridad vial.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.4.1 Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad (Pág. 99)	Electivo	
3.4.2 Operaciones y Gestión del Tráfico (Pág. 99)	Electivo	
3.4.3 Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados (Pág. 100)	Electivo	
3.4.4 Ingeniería de Seguridad Vial (Pág. 100)	Electivo	
3.4.5 Dispositivos de Control del Tránsito (Pág. 101)	Electivo	
3.4.6 Estudios de Impacto Vial (Pág. 101)	Electivo	

Cuadro 3.4: Lista de KUs del área de Ingeniería de Tránsito.

3.4.1. TFE/Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad

Fundamentos del flujo vehicular, análisis de capacidad vial, nivel de servicio, dispositivos de control de tránsito, diseño de semáforos y análisis de intersecciones.

Temas:
Core

- Características del flujo vehicular y relaciones fundamentales
- Análisis de capacidad vial usando la metodología del Manual de Capacidad Vial (HCM)
- Conceptos de nivel de servicio y procedimientos de análisis
- Dispositivos de control de tránsito y estándares del MUTCD
- Programación de semáforos y diseño de fases
- Capacidad de intersecciones y análisis de demoras

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la teoría del flujo vehicular y los parámetros fundamentales de la corriente de tráfico [Familiarizarse]
2. Realizar análisis de capacidad vial para varios tipos de vías [Evaluar]
3. Determinar el nivel de servicio para instalaciones de transporte [Usar]
4. Aplicar estándares del MUTCD para el diseño y ubicación de dispositivos de control de tránsito [Evaluar]
5. Diseñar planes de programación de semáforos para intersecciones aisladas [Usar]
6. Analizar la capacidad de intersecciones y calcular la demora de control [Evaluar]

3.4.2. TFE/Operaciones y Gestión del Tráfico

Coordinación de semáforos arteriales, operaciones en autopistas, simulación de tránsito, gestión de incidentes y diseño de glorietas.

Temas:
Core

- Análisis de corredores arteriales y coordinación de semáforos
- Operaciones en autopistas y análisis de cuellos de botella
- Simulación de tránsito y modelación de microsimulación
- Gestión de incidentes y centros de gestión del tráfico
- Diseño de glorietas y análisis de capacidad

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Desarrollar sistemas coordinados de semáforos para corredores arteriales [Usar]
2. Evaluar el desempeño de autopistas e identificar cuellos de botella operacionales [Evaluar]
3. Utilizar modelos de simulación de tránsito para análisis operacional complejo [Usar]
4. Implementar estrategias de gestión de incidentes y operaciones de gestión del tráfico [Evaluar]
5. Diseñar glorietas y analizar su desempeño operacional [Usar]

3.4.3. TFE/Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados

Tecnologías y aplicaciones de sistemas de transporte inteligente, vehículos conectados y autónomos, y soluciones de movilidad inteligente.

Temas:
Core

- Arquitectura de ITS y componentes del sistema
- Tecnologías de detección y vigilancia del tránsito
- Sistemas avanzados de gestión de tráfico
- Sistemas de información al viajero y datos en tiempo real
- Tecnologías de vehículos conectados y comunicación V2X
- Sistemas de vehículos autónomos y requisitos de infraestructura
- Control de señales adaptativo y sistemas sensibles al tráfico
- Cobro electrónico de peajes y tarificación por congestión
- Prioridad de semáforos para transporte público y sistemas de tránsito rápido de autobuses
- Análisis de datos e inteligencia artificial en transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la arquitectura de ITS e identificar los componentes del sistema [Familiarizarse]
2. Seleccionar tecnologías de detección de tránsito apropiadas para aplicaciones específicas [Evaluar]
3. Diseñar implementaciones de sistemas avanzados de gestión de tráfico [Usar]
4. Implementar sistemas de información al viajero y estrategias de diseminación [Evaluar]
5. Describir tecnologías de vehículos conectados y protocolos de comunicación [Familiarizarse]
6. Evaluar los requisitos de infraestructura para el despliegue de vehículos autónomos [Evaluar]
7. Aplicar algoritmos de control de señales adaptativo para optimización del tráfico [Usar]
8. Analizar sistemas de cobro electrónico de peajes y estrategias de tarificación [Evaluar]
9. Integrar la prioridad de semáforos para transporte público en redes multimodales [Usar]
10. Utilizar análisis de datos e IA para la optimización del sistema de transporte [Evaluar]

3.4.4. TFE/Ingeniería de Seguridad Vial

Análisis de datos de accidentalidad e identificación de puntos críticos, auditorías de seguridad vial, el enfoque de sistema seguro Visión Cero, y contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas.

Temas:
Core

- Análisis de datos de accidentalidad e identificación de puntos críticos
- Auditorías de seguridad vial y revisiones sistemáticas de seguridad
- Visión Cero y el enfoque de sistema seguro para el diseño de vías
- Contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Analizar datos de accidentalidad para identificar puntos críticos y factores contribuyentes [Evaluar]
2. Realizar una auditoría de seguridad vial para una vía o intersección [Usar]
3. Explicar el enfoque de sistema seguro de Visión Cero para el diseño de vías [Familiarizarse]
4. Recomendar contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas en una ubicación dada [Usar]

3.4.5. TFE/Dispositivos de Control del Tránsito

Clasificación, diseño y ubicación de señales de tránsito y marcas en el pavimento, y las decisiones de estudio de garantías, fases, detección y equipamiento detrás de la instalación de semáforos.

Temas:

Core

- Clasificación y diseño de señales reglamentarias, preventivas e informativas
- Ubicación, dimensionamiento y requisitos de retrorreflectividad de señales
- Tipos de marcas en el pavimento, materiales y criterios de ubicación
- Análisis de estudios de garantía (warrants) y justificación de semáforos
- Diseño de fases, secuencias y detección vehicular/peatonal del semáforo
- Equipamiento de semáforos, controladores y consideraciones de mantenimiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar señales de tránsito según los estándares nacionales/MUTCD equivalentes y seleccionar la señal apropiada para una condición dada [Familiarizarse]
2. Especificar la ubicación, tamaño y retrorreflectividad de señales según los estándares de diseño [Usar]
3. Diseñar un plan de marcas en el pavimento para un tramo de vía dado [Evaluar]
4. Realizar un análisis de estudio de garantía para justificar la instalación de un semáforo [Evaluar]
5. Diseñar las fases y la disposición de detección de un semáforo para una intersección [Usar]
6. Evaluar los requisitos de equipamiento y controladores de un semáforo para una instalación [Familiarizarse]

3.4.6. TFE/Estudios de Impacto Vial

Estimación de la generación y distribución de viajes para desarrollos urbanísticos propuestos, análisis del impacto operativo de accesos y entradas vehiculares, y diseño de medidas de mitigación requeridas para mantener niveles de servicio aceptables.

Temas:

Core

- Estimación de la generación y distribución de viajes para desarrollos urbanísticos propuestos
- Análisis del impacto operativo de accesos y entradas vehiculares
- Diseño de medidas de mitigación y requisitos de mejora

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Estimar la generación y distribución de viajes de un desarrollo propuesto utilizando tasas estándar de generación de viajes [Usar]
2. Analizar el impacto operativo de los accesos y entradas de un predio propuesto sobre la red vial adyacente [Evaluar]
3. Diseñar las medidas de mitigación requeridas para mantener niveles de servicio aceptables alrededor de un desarrollo propuesto [Evaluar]

3.5. Ingeniería Aeroportuaria (APE)

Esta área de conocimiento abarca la planificación, el diseño geométrico y de pavimentos, las operaciones y el cumplimiento regulatorio de los aeropuertos, desde la planificación maestra a nivel de sistema hasta el diseño del lado aire, el lado tierra y la gestión de la seguridad.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.5.1 Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda (Pág. 102)	Electivo	
3.5.2 Diseño Geométrico del Lado Aire (Pág. 102)	Electivo	
3.5.3 Diseño y Evaluación de Pavimentos de Campo Aéreo (Pág. 102)	Electivo	
3.5.4 Drenaje, Iluminación y Ayudas Visuales de Campo Aéreo (Pág. 103)	Electivo	
3.5.5 Diseño de Terminal y Lado Tierra (Pág. 103)	Electivo	
3.5.6 Espacio Aéreo y Operaciones de Tránsito Aéreo (Pág. 103)	Electivo	
3.5.7 Seguridad, Protección y Regulación Aeroportuaria (Pág. 104)	Electivo	

Cuadro 3.5: Lista de KUs del área de Ingeniería Aeroportuaria.

3.5.1. APE/Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda

Proceso de planificación maestra aeroportuaria, selección de sitio, integración dentro de sistemas aeroportuarios regionales, pronóstico de la demanda de aviación y análisis de capacidad aeroportuaria.
Temas:
Core

- Proceso de planificación maestra aeroportuaria y selección de sitio
- Planificación de sistemas aeroportuarios en el contexto regional y nacional
- Métodos de pronóstico de la demanda de aviación
- Análisis de capacidad aeroportuaria y nivel de servicio

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el proceso de planificación maestra aeroportuaria y los criterios de selección de sitio [Familiarizarse]
2. Integrar un aeropuerto dentro de un plan de sistema aeroportuario regional [Usar]
3. Pronosticar la demanda de aviación utilizando métodos establecidos [Usar]
4. Realizar el análisis de capacidad aeroportuaria y evaluar el nivel de servicio [Evaluar]

3.5.2. APE/Diseño Geométrico del Lado Aire

Clasificación del código de referencia del aeródromo, orientación de pistas, diseño geométrico de pistas y calles de rodaje, separaciones de áreas de seguridad y disposición de plataformas.
Temas:
Core

- Código de referencia del aeródromo y clasificación de referencia del aeropuerto (ARC)
- Análisis de orientación de pista y evaluación de la rosa de vientos
- Estándares de diseño geométrico de pistas y calles de rodaje
- Separaciones de áreas de seguridad, fajas de pista/calle de rodaje y zonas libres de obstáculos
- Diseño geométrico de plataformas y apartaderos de espera de aeronaves

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar un aeródromo según su código de referencia [Familiarizarse]
2. Determinar la orientación de pista a partir del análisis de la rosa de vientos [Usar]
3. Diseñar la geometría de pistas y calles de rodaje siguiendo los estándares FAA/ICAO [Evaluar]
4. Verificar las separaciones de áreas de seguridad y las zonas libres de obstáculos requeridas [Evaluar]
5. Disponer plataformas y apartaderos de espera de aeronaves [Usar]

3.5.3. APE/Diseño y Evaluación de Pavimentos de Campo Aéreo

Diseño de pavimentos flexibles y rígidos de campo aéreo, métodos de diseño por elasticidad en capas y elementos finitos, números de clasificación de pavimento y de aeronave, y evaluación y refuerzo de pavimentos.
Temas:
Core

- Métodos de diseño de pavimentos flexibles y rígidos de campo aéreo
- Diseño por elasticidad en capas usando el método FAA FAARFIELD
- Número de clasificación del pavimento (PCN) y número de clasificación de la aeronave (ACN)
- Evaluación de pavimentos de campo aéreo y diseño de refuerzo (overlay)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar pavimentos flexibles y rígidos de campo aéreo para una carga de aeronave especificada [Evaluar]
2. Aplicar el método FAA FAARFIELD para dimensionar las capas del pavimento de campo aéreo [Usar]
3. Calcular los números de clasificación de pavimento y de aeronave (PCN/ACN) [Usar]
4. Evaluar la condición de un pavimento de campo aéreo en servicio y diseñar refuerzos [Evaluar]

3.5.4. APE/Drenaje, Iluminación y Ayudas Visuales de Campo Aéreo

Diseño de drenaje superficial y subsuperficial de campo aéreo, sistemas de iluminación y ayudas visuales, estándares de señalización y marcado de pavimentos, y restricciones de ubicación de ayudas a la navegación.
Temas:
Core

- Diseño de drenaje superficial y subsuperficial de campo aéreo
- Sistemas de iluminación de campo aéreo y ayudas visuales
- Estándares de marcado y señalización de pavimentos
- Restricciones de ubicación impuestas por las ayudas a la navegación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar sistemas de drenaje superficial y subsuperficial de campo aéreo [Usar]
2. Describir los sistemas de iluminación de campo aéreo y los requisitos de ayudas visuales [Familiarizarse]
3. Aplicar los estándares de marcado y señalización de pavimentos [Usar]
4. Explicar las restricciones de ubicación impuestas por las ayudas a la navegación [Familiarizarse]

3.5.5. APE/Diseño de Terminal y Lado Tierra

Dimensionamiento de terminal de pasajeros y estándares de nivel de servicio, diseño de acceso y vías de lado tierra, planificación de instalaciones de estacionamiento, y diseño de terminal de carga aérea.
Temas:
Core

- Dimensionamiento de terminal de pasajeros y estándares de nivel de servicio
- Diseño de acceso de lado tierra, vías de llegada (curbside) y transporte terrestre
- Planificación y dimensionamiento de instalaciones de estacionamiento
- Diseño de terminal de carga aérea

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Dimensionar una terminal de pasajeros usando estándares de nivel de servicio [Usar]
2. Diseñar el acceso de lado tierra y las instalaciones de vías de llegada [Usar]
3. Planificar instalaciones de estacionamiento para la demanda proyectada [Usar]
4. Describir los requisitos funcionales de una terminal de carga aérea [Familiarizarse]

3.5.6. APE/Espacio Aéreo y Operaciones de Tránsito Aéreo

Fundamentos de la estructura del espacio aéreo y diseño básico de procedimientos, fundamentos de control de tránsito aéreo, análisis de capacidad y demoras de aeropuerto y espacio aéreo, y herramientas de simulación.

Temas:
Core

- Estructura del espacio aéreo y diseño básico de procedimientos
- Fundamentos de control de tránsito aéreo y estándares de separación
- Análisis de capacidad y demoras de aeropuerto y espacio aéreo
- Herramientas de simulación de campo aéreo y espacio aéreo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la estructura del espacio aéreo y el diseño básico de procedimientos [Familiarizarse]
2. Describir los fundamentos de control de tránsito aéreo y los estándares de separación [Familiarizarse]
3. Analizar la capacidad y las demoras del aeropuerto y el espacio aéreo [Evaluar]
4. Utilizar herramientas de simulación para evaluar el desempeño del campo aéreo y el espacio aéreo [Usar]

3.5.7. APE/Seguridad, Protección y Regulación Aeroportuaria

Cumplimiento regulatorio bajo ICAO Anexo 14 y FAA Part 139, sistemas de gestión de seguridad operacional, gestión de riesgo de fauna, fundamentos de seguridad de la aviación, y gestión ambiental aeroportuaria.

Temas:
Core

- Cumplimiento regulatorio bajo ICAO Anexo 14 y FAA Part 139
- Sistemas de gestión de seguridad operacional (SMS)
- Gestión de riesgo de fauna
- Fundamentos de seguridad de la aviación (AVSEC)
- Gestión ambiental aeroportuaria (ruido y emisiones)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar los requisitos regulatorios de ICAO Anexo 14 y FAA Part 139 [Familiarizarse]
2. Implementar un marco de sistema de gestión de seguridad operacional (SMS) [Usar]
3. Desarrollar un plan de gestión de riesgo de fauna [Usar]
4. Describir los fundamentos de seguridad de la aviación (AVSEC) [Familiarizarse]
5. Evaluar los impactos ambientales aeroportuarios relacionados con el ruido y las emisiones [Evaluar]

3.6. Ingeniería Ferroviaria (RWE)

Esta área de conocimiento abarca el alineamiento, la estructura de vía, la señalización, la electrificación, los fundamentos de material rodante, la capacidad y el diseño de estaciones de los sistemas ferroviarios.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.6.1 Diseño de Alineamiento Ferroviario (Pág. 105)	Electivo	
3.6.2 Diseño de la Estructura de Vía (Pág. 105)	Electivo	
3.6.3 Señalización Ferroviaria y Control de Trenes (Pág. 105)	Electivo	
3.6.4 Electrificación Ferroviaria (Pág. 106)	Electivo	
3.6.5 Fundamentos de Material Rodante (Pág. 106)	Electivo	
3.6.6 Capacidad y Operaciones Ferroviarias (Pág. 106)	Electivo	
3.6.7 Diseño de Estaciones y Terminales Ferroviarias (Pág. 107)	Electivo	

Cuadro 3.6: Lista de KUs del área de Ingeniería Ferroviaria.

3.6.1. RWE/Diseño de Alineamiento Ferroviario

Diseño de alineamiento horizontal y vertical para vía férrea, peralte y curvas de transición, ancho de vía y gálibo cinemático, y criterios de diseño de alineamiento según el tipo de servicio.

Temas:

Core

- Alineamiento horizontal y diseño de curvas para vía férrea
- Alineamiento vertical y diseño de pendientes para vía férrea
- Peralte y diseño de curvas de transición
- Estándares de ancho de vía y gálibo cinemático (espacio libre)
- Criterios de diseño de alineamiento según el tipo de servicio (carga, pasajeros, alta velocidad)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar el alineamiento horizontal y las curvas de una vía férrea [Usar]
2. Determinar el alineamiento vertical y las pendientes de una vía férrea [Usar]
3. Calcular el peralte y la longitud de las curvas de transición para una velocidad de diseño [Evaluar]
4. Describir los estándares de ancho de vía y los requisitos de gálibo cinemático [Familiarizarse]
5. Seleccionar los criterios de diseño de alineamiento apropiados según el tipo de servicio [Usar]

3.6.2. RWE/Diseño de la Estructura de Vía

Componentes de la superestructura de vía, diseño de subrasante ferroviaria, juntas de riel y riel soldado continuo, y diseño de drenaje de vía.

Temas:

Core

- Componentes de la superestructura de vía: riel, durmientes y balasto
- Diseño de subrasante y plataforma ferroviaria
- Métodos de junta de riel y riel soldado continuo
- Diseño de drenaje de vía

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar los componentes de la superestructura de vía y describir sus funciones [Familiarizarse]
2. Diseñar la subrasante y plataforma ferroviaria para la carga esperada [Usar]
3. Explicar los métodos de junta de riel y el comportamiento del riel soldado continuo [Familiarizarse]
4. Elaborar un diseño de drenaje de vía [Usar]

3.6.3. RWE/Señalización Ferroviaria y Control de Trenes

Fundamentos de los sistemas de señalización ferroviaria, principios de enclavamiento, protección y control automático de trenes, y sistemas de bloqueo fijo y móvil.

Temas:

Core

- Sistemas fundamentales de señalización ferroviaria
- Principios de enclavamiento para movimientos seguros de trenes
- Fundamentos de protección y control automático de trenes (ATP/ATC)
- Sistemas de operación de bloqueo fijo y bloqueo móvil

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los sistemas fundamentales de señalización ferroviaria [Familiarizarse]
2. Explicar los principios de enclavamiento para movimientos seguros de trenes [Familiarizarse]
3. Resumir los fundamentos de protección y control automático de trenes [Familiarizarse]
4. Comparar los principios de operación de bloqueo fijo y móvil y su efecto en la capacidad [Evaluar]

3.6.4. RWE/Electrificación Ferroviaria

Fundamentos de los sistemas de electrificación por catenaria y tercer riel, subestaciones de tracción, y disposiciones de suministro eléctrico para ferrocarriles.

Temas:

Core

- Fundamentos del sistema de catenaria aérea
- Sistemas de electrificación por tercer riel
- Subestaciones de tracción
- Disposiciones de suministro eléctrico y estándares de tensión

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los componentes y el funcionamiento del sistema de catenaria aérea [Familiarizarse]
2. Explicar la electrificación por tercer riel y sus restricciones de aplicación [Familiarizarse]
3. Describir el rol de las subestaciones de tracción en un sistema eléctrico ferroviario [Familiarizarse]
4. Identificar las disposiciones de suministro eléctrico y los estándares de tensión aplicables [Familiarizarse]

3.6.5. RWE/Fundamentos de Material Rodante

Interacción rueda-riel, gálibos de carga y cinemático, dinámica básica de vehículos, y tipos de material rodante.

Temas:

Core

- Fundamentos de interacción rueda-riel y mecánica de contacto
- Gálibo de carga y gálibo cinemático
- Dinámica básica de vehículos: lazo de inestabilidad, estabilidad y confort de marcha
- Tipos de material rodante para servicio de carga, pasajeros y tránsito

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar los fundamentos de la interacción rueda-riel y la mecánica de contacto [Familiarizarse]
2. Aplicar las restricciones de gálibo de carga al diseño de espacios libres de la infraestructura [Usar]
3. Describir los fenómenos básicos de dinámica de vehículos que afectan el confort y la estabilidad [Familiarizarse]
4. Clasificar los tipos de material rodante según el servicio y los requisitos operacionales [Familiarizarse]

3.6.6. RWE/Capacidad y Operaciones Ferroviarias

Análisis de capacidad de línea y red ferroviaria, métodos de programación de circulaciones, planificación de operaciones, y despacho de trenes.

Temas:

Core

- Análisis de capacidad de línea y red ferroviaria
- Métodos de programación de circulaciones y resolución de conflictos
- Planificación de operaciones de carga y pasajeros
- Despacho de trenes y operaciones de centro de control

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Analizar la capacidad de línea y red ferroviaria [Evaluar]
2. Elaborar un programa horario ferroviario libre de conflictos [Usar]
3. Planificar operaciones ferroviarias de carga y pasajeros [Usar]
4. Describir las funciones de despacho de trenes y del centro de control [Familiarizarse]

3.6.7. RWE/Diseño de Estaciones y Terminales Ferroviarias

Diseño de estaciones de pasajeros y andenes, diseño de terminales y patios de carga, y accesibilidad e integración multimodal en instalaciones ferroviarias.

Temas:

Core

- Fundamentos de diseño de estaciones de pasajeros
- Diseño de andenes, espacios libres y flujo de pasajeros
- Diseño de terminales de carga y patios de maniobra
- Accesibilidad e integración multimodal en instalaciones ferroviarias

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar una estación ferroviaria de pasajeros para la demanda proyectada [Usar]
2. Dimensionar andenes y espacios libres para el flujo de pasajeros proyectado [Usar]
3. Describir los principios de diseño de terminales de carga y patios de maniobra [Familiarizarse]
4. Integrar la accesibilidad y las conexiones multimodales en el diseño de una estación ferroviaria [Usar]

3.7. Ingeniería Portuaria (PTE)

Esta área de conocimiento abarca la planificación, la hidráulica marítima, las estructuras costeras y de atraque, el dragado, la manipulación de carga, y las operaciones y seguridad de las instalaciones portuarias.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.7.1 Planificación Portuaria (Pág. 107)	Electivo	
3.7.2 Hidráulica Marítima para Puertos (Pág. 108)	Electivo	
3.7.3 Rompeolas y Estructuras Costeras (Pág. 108)	Electivo	
3.7.4 Diseño de Atraques y Muelles (Pág. 108)	Electivo	
3.7.5 Dragado y Batimetría (Pág. 108)	Electivo	
3.7.6 Manipulación de Carga y Diseño de Patios (Pág. 109)	Electivo	
3.7.7 Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria (Pág. 109)	Electivo	

Cuadro 3.7: Lista de KUs del área de Ingeniería Portuaria.

3.7.1. PTE/Planificación Portuaria

Planificación maestra portuaria, selección de sitio, planificación de sistemas portuarios, y pronóstico de la demanda de carga y tráfico de buques.

Temas:

Core

- Proceso de planificación maestra portuaria
- Criterios de selección de sitio para el desarrollo portuario
- Planificación de sistemas portuarios dentro de redes logísticas nacionales y regionales
- Pronóstico de la demanda de carga y tráfico de buques

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Elaborar un plan maestro portuario [Usar]
2. Evaluar sitios candidatos para el desarrollo portuario [Evaluar]
3. Describir cómo se inserta un puerto dentro de una red logística nacional o regional [Familiarizarse]
4. Pronosticar la demanda de carga y tráfico de buques [Usar]

3.7.2. PTE/Hidráulica Marítima para Puertos

Análisis de oleaje, caracterización de mareas y corrientes, análisis de agitación y resonancia portuaria, y condiciones metoceánicas de diseño para instalaciones portuarias.

Temas:

Core

- Análisis de generación, propagación y transformación del oleaje
- Caracterización de mareas y corrientes para el diseño portuario
- Análisis de agitación portuaria y resonancia (seiche)
- Condiciones metoceánicas de diseño y selección del período de retorno

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Analizar la generación, propagación y transformación del oleaje en un emplazamiento portuario [Usar]
2. Caracterizar las mareas y corrientes relevantes para el diseño portuario [Familiarizarse]
3. Evaluar el riesgo de agitación y resonancia portuaria para una disposición propuesta [Evaluar]
4. Seleccionar las condiciones metoceánicas de diseño para un período de retorno dado [Usar]

3.7.3. PTE/Rompeolas y Estructuras Costeras

Diseño de rompeolas, revestimientos y protección costera, estabilidad del manto de protección, y selección entre rompeolas de escollera y rompeolas verticales.

Temas:

Core

- Fundamentos de diseño de rompeolas
- Revestimientos y obras de protección costera
- Estabilidad del manto de protección y dimensionamiento de unidades
- Selección entre rompeolas de escollera y rompeolas verticales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar la sección transversal de un rompeolas para condiciones de oleaje especificadas [Usar]
2. Describir alternativas de revestimiento y protección costera [Familiarizarse]
3. Dimensionar unidades del manto de protección para estabilidad hidráulica [Usar]
4. Seleccionar entre tipos de rompeolas de escollera y verticales para un sitio dado [Evaluar]

3.7.4. PTE/Diseño de Atraques y Muelles

Diseño de muelles, dimensionamiento de atraques, sistemas de amarre, y selección y diseño de sistemas de defensas (fenders).

Temas:

Core

- Diseño de muelles (estructuras de gravedad, tablestacado y pilotes)
- Dimensionamiento de atraques para clases de buque de diseño
- Sistemas de amarre y disposición de bolardos
- Selección de sistemas de defensas y diseño de absorción de energía

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar un muelle para condiciones de suelo y carga especificadas [Evaluar]
2. Dimensionar un atraque para una clase de buque de diseño [Usar]
3. Disponer un sistema de amarre y la distribución de bolardos [Usar]
4. Especificar un sistema de defensas con base en los requisitos de absorción de energía de atraque [Evaluar]

3.7.5. PTE/Dragado y Batimetría

Diseño de canales de acceso, métodos de dragado, disposición de material dragado, y principios de levantamiento batimétrico.

Temas:
Core
- Diseño de canales de acceso y dársenas de maniobra
- Selección de equipos y métodos de dragado
- Disposición y reaprovechamiento del material dragado
- Principios de levantamiento batimétrico y procesamiento de datos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Diseñar un canal de acceso y una dársena de maniobra para un buque de diseño [Usar]
2. Seleccionar el equipo y método de dragado apropiados para condiciones de sitio dadas [Evaluar]
3. Evaluar opciones de disposición y reaprovechamiento del material dragado [Familiarizarse]
4. Procesar datos de levantamiento batimétrico para sustentar el diseño del canal [Usar]

3.7.6. PTE/Manipulación de Carga y Diseño de Patios

Selección de equipos de manipulación de carga, disposición de patios de contenedores y carga a granel, y diseño de terminales de contenedores.

Temas:
Core
- Equipos de manipulación de carga (grúas pórtico, grúas de patio, fajas transportadoras)
- Disposición de patios y planificación de capacidad de almacenamiento
- Diseño de terminal de contenedores y dimensionamiento de rendimiento
- Diseño de instalaciones para carga a granel y carga general

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Seleccionar equipos de manipulación de carga apropiados para un tipo de carga dado [Familiarizarse]
2. Planificar la disposición de patios y la capacidad de almacenamiento para el rendimiento proyectado [Usar]
3. Dimensionar una terminal de contenedores para el rendimiento proyectado [Usar]
4. Describir los requisitos de diseño de instalaciones para carga a granel y carga general [Familiarizarse]

3.7.7. PTE/Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria

Análisis de capacidad y rendimiento de terminal, integración intermodal con cadenas logísticas, requisitos de seguridad del Código ISPS, y gestión ambiental portuaria.

Temas:
Core
- Análisis de capacidad y rendimiento de terminal
- Integración intermodal con cadenas logísticas terrestres
- Seguridad de instalaciones portuarias bajo el Código ISPS
- Gestión ambiental y sostenibilidad portuaria

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Analizar la capacidad y el rendimiento de una terminal [Evaluar]
2. Describir la integración intermodal con cadenas logísticas terrestres [Familiarizarse]
3. Explicar los requisitos de seguridad de instalaciones portuarias bajo el Código ISPS [Familiarizarse]
4. Evaluar las prácticas de gestión ambiental y sostenibilidad portuaria [Evaluar]

3.8. Topografía (TOP)

Esta área de conocimiento cubre las técnicas fundamentales de medición y posicionamiento en campo que los ingenieros civiles usan para caracterizar el terreno, establecer control horizontal y vertical, y replantear obras de construcción: teoría de la medición, planimetría, nivelación, instrumentos de

topografía, posicionamiento GNSS, mapeo topográfico, cómputo de movimiento de tierras y replanteo de obra.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.8.1 Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición (Pág. 110)	Electivo	
3.8.2 Planimetría (Pág. 110)	Electivo	
3.8.3 Nivelación y Control Vertical (Pág. 110)	Electivo	
3.8.4 Estación Total y Teodolito (Pág. 111)	Electivo	
3.8.5 Topografía GNSS (Pág. 111)	Electivo	
3.8.6 Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno (Pág. 111)	Electivo	
3.8.7 Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras (Pág. 112)	Electivo	
3.8.8 Replanteo de Obra (Pág. 112)	Electivo	

Cuadro 3.8: Lista de KUs del área de Topografía.

3.8.1. TOP/Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición

El rol de la topografía en la práctica de la ingeniería civil, la distinción entre topografía geodésica y plana, y la teoría del error de medición que sustenta cada técnica topográfica posterior.

Temas:

Core

- El rol de la topografía en la ingeniería civil: topografía geodésica vs. plana, y control horizontal y vertical
- Fuentes y tipos de error de medición; precisión, exactitud y cifras significativas
- Unidades y sistemas de coordenadas usados en topografía: UTM, cuadrículas locales y datums

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Distinguir entre topografía geodésica y plana e identificar cuál aplica a un proyecto de ingeniería civil dado [Familiarizarse]
2. Propagar y evaluar el error de medición en una cantidad topográfica calculada [Usar]

3.8.2. TOP/Planimetría

Medición y cómputo horizontal: métodos de medición de distancias y ángulos, y el cómputo de poligonales usado para establecer el control horizontal.

Temas:

Core

- Métodos de medición de distancias: cinta y medición electrónica de distancias, y reducción al horizonte
- Medición de ángulos horizontales y verticales, y ajuste angular
- Cómputo de poligonales: latitudes, departamentos, error de cierre y ajuste de coordenadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el error de cierre de una poligonal y ajustar sus coordenadas usando un método aceptado (p. ej. la regla de la brújula) [Usar]
2. Determinar las coordenadas de puntos desconocidos a partir de observaciones de campo de ángulos y distancias [Evaluar]

3.8.3. TOP/Nivelación y Control Vertical

Métodos para determinar diferencias de elevación y establecer el control vertical, y su aplicación en la elaboración de los perfiles y secciones transversales usados en el diseño de infraestructura lineal.

Temas:

Core

- Nivelación diferencial: puntos de referencia (BM), lecturas de vista atrás/adelante, y circuitos de nivelación

- Nivelación trigonométrica para la determinación indirecta de elevaciones
- Nivelación de perfiles y secciones transversales para el diseño de infraestructura lineal

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Ejecutar un circuito de nivelación diferencial y calcular elevaciones con un error de cierre dentro de la tolerancia [Usar]
2. Generar un perfil longitudinal y secciones transversales a partir de datos de nivelación de campo [Usar]

3.8.4. TOP/Estación Total y Teodolito

Operación de los instrumentos topográficos electrónicos usados para recolectar mediciones de campo, y las fuentes de error instrumental inherentes a ellos.
Temas:
Core

- Instalación, orientación y operación de campo de la estación total y el teodolito
- Principios de la medición electrónica de distancias (EDM) y sus fuentes de error

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Operar una estación total para recolectar mediciones de campo horizontales y verticales [Usar]
2. Explicar las fuentes de error instrumental en las mediciones con estación total y cómo minimizarlas [Familiarizarse]

3.8.5. TOP/Topografía GNSS

Métodos de posicionamiento satelital usados en la práctica topográfica moderna, desde los principios subyacentes hasta las transformaciones de coordenadas necesarias para usar datos GNSS en un proyecto local.
Temas:
Core

- Principios de posicionamiento GNSS: constelaciones satelitales, señales y fuentes de error
- Métodos de topografía GNSS estático y cinemático en tiempo real (RTK)
- Sistemas de referencia de coordenadas y transformaciones de datum para datos GNSS

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Comparar los métodos de topografía GNSS estático y RTK, e identificar cuál se ajusta a un requisito de precisión dado [Familiarizarse]
2. Transformar coordenadas derivadas de GNSS entre datums de referencia para su uso en un proyecto local [Usar]

3.8.6. TOP/Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno

Representación del relieve del terreno y elaboración de mapas topográficos y modelos digitales de terreno a partir de datos de campo o GNSS, el resultado directo de las técnicas de medición cubiertas anteriormente en esta área de conocimiento.
Temas:
Core

- Representación mediante curvas de nivel e interpretación del relieve del terreno
- Generación de Modelos Digitales de Terreno (DTM) a partir de datos de campo o GNSS
- Elaboración de planos topográficos y convenciones cartográficas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Generar un plano de curvas de nivel a partir de datos de levantamiento de campo [Usar]
2. Elaborar un modelo digital de terreno (DTM) a partir de un levantamiento topográfico de puntos [Evaluar]

3.8.7. TOP/Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras

Cómputo de volúmenes de corte y relleno y su uso en la planificación del balance de tierras y las distancias de acarreo de un proyecto de infraestructura lineal.

Temas:

Core

- Métodos de cómputo de volúmenes de corte y relleno: área media y prismoidal
- Diagramas de masas para la planificación del balance de tierras y las distancias de acarreo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular los volúmenes de corte y relleno de un proyecto lineal de movimiento de tierras a partir de datos de secciones transversales [Usar]
2. Construir un diagrama de masas para planificar el balance de tierras y las distancias de acarreo [Usar]

3.8.8. TOP/Replanteo de Obra

Aplicación de las técnicas topográficas cubiertas en esta área de conocimiento al replanteo de obras civiles en campo y a la verificación de la geometría as-built contra el diseño.

Temas:

Core

- Métodos de replanteo para la alineación horizontal y vertical de obras civiles
- Verificación topográfica as-built contra la geometría de diseño

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Replantear una alineación horizontal (p. ej. el eje de una vía o la esquina de una edificación) a partir de coordenadas de diseño [Usar]
2. Verificar la geometría as-built de una construcción contra las especificaciones de diseño usando datos topográficos [Evaluar]

3.9. Geodesia (GEO)

Esta área de conocimiento cubre la ciencia de medir y representar la forma, orientación y campo gravitacional de la Tierra: sistemas y datums geodésicos de referencia, diseño y ajuste de redes de control, geodesia física, y posicionamiento satelital de precisión.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.9.1 Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia (Pág. 112)	Electivo	
3.9.2 Redes Geodésicas de Control (Pág. 113)	Electivo	
3.9.3 Geodesia Física y el Campo Gravitacional (Pág. 113)	Electivo	
3.9.4 Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión (Pág. 113)	Electivo	

Cuadro 3.9: Lista de KUs del área de Geodesia.

3.9.1. GEO/Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia

Modelos de la forma de la Tierra, datums geodésicos, y los sistemas de coordenadas y marcos de referencia que sustentan toda medición geodésica.

Temas:

Core

- Modelos de la forma de la Tierra: el elipsoide de referencia y el geoide
- Datums geodésicos horizontales y su materialización
- Datums geodésicos verticales y superficies de referencia de altura
- Marcos de referencia globales (ITRF, WGS84) y su materialización y mantenimiento
- Sistemas de coordenadas geodésicos, geocéntricos y proyectados, y conversiones entre ellos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Distinguir el elipsoide de referencia del geoide y explicar sus respectivos roles [Familiarizarse]
2. Seleccionar un datum horizontal y vertical apropiado para un proyecto dado [Usar]
3. Transformar coordenadas entre marcos de referencia globales (p. ej. realizaciones del ITRF) [Evaluar]
4. Convertir coordenadas entre sistemas geodésicos, geocéntricos y proyectados [Usar]
5. Explicar cómo se materializa y mantiene un datum geodésico a través del tiempo [Familiarizarse]

3.9.2. GEO/Redes Geodésicas de Control

Diseño, ajuste y clasificación de precisión de las redes de control horizontal y vertical que densifican el marco geodésico nacional de un país.
Temas:
Core

- Diseño de redes geodésicas de control: configuración, redundancia y selección de puntos
- Ajuste de redes por mínimos cuadrados e interpretación de elipses de error
- Redes geodésicas de control nacionales y su mantenimiento institucional (p. ej. la red del IGN Perú)
- Densificación de redes de control para levantamientos locales y a nivel de proyecto
- Estándares de precisión geodésica y clasificación de puntos de control

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar una red geodésica de control con configuración y redundancia apropiadas [Usar]
2. Ajustar una red geodésica por mínimos cuadrados e interpretar las elipses de error resultantes [Evaluar]
3. Describir la estructura y el mantenimiento de una red geodésica de control nacional [Familiarizarse]
4. Densificar una red de control nacional para un levantamiento local o a nivel de proyecto [Usar]
5. Clasificar un punto de control según el estándar de precisión geodésica que le corresponde [Evaluar]

3.9.3. GEO/Geodesia Física y el Campo Gravitacional

El campo gravitacional de la Tierra, la determinación del geoide a partir de datos gravimétricos, y la distinción entre sistemas de altura ortométrica y elipsoidal que este campo hace necesaria.
Temas:
Core

- Fundamentos del campo gravitacional y fórmulas de gravedad normal
- Modelos de geoide y determinación de la ondulación geoidal
- Métodos e instrumentación de levantamientos gravimétricos
- Sistemas de altura ortométrica versus elipsoidal y el rol del geoide en la conversión entre ellos
- Aplicación de la ondulación geoidal para obtener alturas ortométricas a partir de datos GNSS

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el campo gravitacional de la Tierra y la fórmula de gravedad normal [Familiarizarse]
2. Aplicar un modelo de geoide para determinar la ondulación geoidal en un punto [Usar]
3. Realizar un levantamiento gravimétrico y procesar los datos resultantes [Evaluar]
4. Distinguir las alturas ortométricas de las elipsoidales y explicar cuándo se usa cada una [Familiarizarse]
5. Convertir alturas elipsoidales de GNSS a alturas ortométricas usando un modelo de geoide [Usar]

3.9.4. GEO/Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión

Fundamentos de órbitas satelitales y las técnicas de posicionamiento GNSS de precisión -procesamiento estático de líneas base y posicionamiento puntual preciso- usadas para ejecutar una campaña GNSS

de grado geodésico.
Temas:
Core

- Posicionamiento geodésico GNSS: procesamiento estático de líneas base para precisión de control
- Fundamentos de órbitas satelitales y efemérides transmitidas versus precisas
- Principios y aplicaciones del Posicionamiento Puntual Preciso (PPP)
- Planificación y ejecución de una campaña de observación GNSS de grado geodésico
- Fuentes de error GNSS que afectan el posicionamiento de grado geodésico y su mitigación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Procesar líneas base GNSS estáticas para lograr precisión de posicionamiento de grado control [Usar]
2. Explicar los fundamentos de órbitas satelitales y la diferencia entre efemérides transmitidas y precisas [Familiarizarse]
3. Aplicar el Posicionamiento Puntual Preciso a una observación geodésica [Evaluar]
4. Planificar una campaña de observación GNSS de grado geodésico [Usar]
5. Mitigar las fuentes de error GNSS que afectan el posicionamiento de grado geodésico [Evaluar]

3.10. Cartografía (CAR)

Esta área de conocimiento cubre la ciencia y el diseño de la producción de mapas: proyecciones cartográficas y sistemas de referencia de coordenadas, diseño cartográfico y generalización, mapeo topográfico y temático, y los modelos de datos y estándares detrás de los productos cartográficos digitales.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.10.1 Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia (Pág. 114)	Electivo	
3.10.2 Diseño Cartográfico y Generalización (Pág. 115)	Electivo	
3.10.3 Cartografía Topográfica y Temática (Pág. 115)	Electivo	
3.10.4 Modelos de Datos y Estándares Cartográficos (Pág. 115)	Electivo	

Cuadro 3.10: Lista de KUs del área de Cartografía.

3.10.1. CAR/Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia

Teoría y distorsión de las proyecciones cartográficas, el sistema UTM y las cuadrículas locales, y los criterios para seleccionar una proyección para mapeo regional o nacional.
Temas:
Core

- Teoría de proyecciones cartográficas: superficies desarrollables y familias de proyección
- El sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) y sus convenciones de zona
- Distorsión de proyección: propiedades conforme, de área equivalente y equidistante
- Sistemas de cuadrícula locales y nacionales derivados de una proyección base
- Criterios para seleccionar una proyección cartográfica según el propósito y la extensión del mapeo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la teoría de proyecciones cartográficas y las ventajas/desventajas entre familias de proyección [Familiarizarse]
2. Aplicar las convenciones de zona del sistema UTM a un proyecto de mapeo [Usar]
3. Evaluar las características de distorsión de una proyección dada para una tarea de mapeo [Evaluar]
4. Derivar un sistema de cuadrícula local a partir de una proyección base nacional [Usar]

5. Seleccionar una proyección cartográfica apropiada para un propósito y una extensión geográfica dados [Evaluar]

3.10.2. CAR/Diseño Cartográfico y Generalización

Principios de composición y simbolización de mapas, generalización cartográfica a través de escalas, y el uso del color y la jerarquía visual en el diseño efectivo de mapas.

Temas:

Core

- Elementos de composición del mapa: título, leyenda, escala, norte y diagramación
- Simbolización de elementos puntuales, lineales y de área
- Generalización cartográfica: simplificación, selección y exageración a través de escalas
- Selección de la escala del mapa y su relación con el detalle y la generalización
- Teoría del color y jerarquía visual en el diseño de mapas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Componer la diagramación de un mapa con los elementos apropiados de título, leyenda, escala y norte [Usar]
2. Diseñar la simbolización de elementos puntuales, lineales y de área en un mapa [Evaluar]
3. Generalizar el contenido de un mapa apropiadamente para una escala objetivo [Evaluar]
4. Seleccionar una escala de mapa apropiada para un propósito y nivel de detalle dados [Familiarizarse]
5. Aplicar la teoría del color y los principios de jerarquía visual para mejorar la legibilidad del mapa [Usar]

3.10.3. CAR/Cartografía Topográfica y Temática

Convenciones de producción de series de mapas topográficos, los principales tipos de mapas temáticos, y los flujos de producción digital y estándares de precisión detrás de los productos cartográficos modernos.

Temas:

Core

- Convenciones de series de mapas topográficos y cuadrículas de mapeo nacional (p. ej. la Carta Nacional del Perú)
- Tipos de mapas temáticos: coropléticos, de isolíneas, de puntos y de símbolos proporcionales
- Flujos de producción cartográfica digital
- Estándares de precisión del mapa y pruebas de precisión posicional
- Documentación de metadatos cartográficos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar las convenciones de series de mapas topográficos y los sistemas de cuadrícula de mapeo nacional [Familiarizarse]
2. Seleccionar un tipo de mapa temático apropiado para un conjunto de datos y mensaje dados [Usar]
3. Producir un producto cartográfico digital siguiendo un flujo de producción definido [Usar]
4. Evaluar un producto cartográfico contra un estándar de precisión posicional aplicable [Evaluar]
5. Documentar los metadatos de un producto cartográfico [Familiarizarse]

3.10.4. CAR/Modelos de Datos y Estándares Cartográficos

Modelos de datos vectoriales y raster que subyacen a los mapas digitales, estándares de mapeo nacional, servicios web de mapas/teselas, y las prácticas de interoperabilidad y control de calidad de datos que los sustentan.

Temas:

Core

- Modelos de datos vectoriales y raster para productos cartográficos

- Estándares de mapeo nacional e infraestructura de datos espaciales (p. ej. la IDEP del Perú)
- Servicios de mapas web y estándares de entrega de mapas basados en teselas
- Estándares de interoperabilidad para el intercambio de datos cartográficos
- Procedimientos de control de calidad para la producción de datos cartográficos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Distinguir los modelos de datos vectoriales de los raster e identificar cuándo es apropiado cada uno para un producto cartográfico [Familiarizarse]
2. Aplicar un estándar de mapeo nacional o una especificación de infraestructura de datos espaciales a un proyecto de mapeo [Usar]
3. Publicar un producto cartográfico como mapa web o servicio de teselas [Usar]
4. Verificar la interoperabilidad de datos al intercambiar datos cartográficos entre sistemas [Evaluar]
5. Realizar control de calidad sobre un flujo de producción de datos cartográficos [Evaluar]

3.11. Fotogrametría (FOT)

Esta área de conocimiento cubre la extracción de mediciones geométricas a partir de imágenes fotográficas y digitales: fundamentos fotogramétricos, triangulación aérea y georreferenciación, productos fotogramétricos digitales, y fotogrametría UAV y de corto alcance.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.11.1 Fundamentos Fotogramétricos (Pág. 116)	Electivo	
3.11.2 Triangulación Aérea y Georreferenciación (Pág. 116)	Electivo	
3.11.3 Productos Fotogramétricos Digitales (Pág. 117)	Electivo	
3.11.4 Fotogrametría UAV y de Corto Alcance (Pág. 117)	Electivo	

Cuadro 3.11: Lista de KUs del área de Fotogrametría.

3.11.1. FOT/Fundamentos Fotogramétricos

Geometría de cámara y el modelo de formación de la imagen, visión estereoscópica, y la planificación de vuelo y escala que precede a toda adquisición fotogramétrica.
Temas:
Core

- Geometría de cámara: distancia focal, punto principal y distorsión del lente
- El modelo de formación de la imagen por proyección central
- Visión estereoscópica y medición de paralaje
- Planificación de vuelo: solape, altura de vuelo y disposición de franjas
- Determinación de la escala de imagen y su relación con la altura de vuelo y la distancia focal

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la geometría de cámara y el modelo de formación de imagen por proyección central [Familiarizarse]
2. Medir el paralaje en un par estereoscópico para determinar la elevación relativa [Usar]
3. Planificar un vuelo fotográfico aéreo con el solape y la altura de vuelo apropiados [Evaluar]
4. Calcular la escala de imagen a partir de la altura de vuelo y la distancia focal de la cámara [Usar]
5. Identificar los efectos de la distorsión del lente y su corrección [Familiarizarse]

3.11.2. FOT/Triangulación Aérea y Georreferenciación

Orientación interior y exterior de la imaginería fotogramétrica, selección de puntos de control terrestre, y el proceso de triangulación aérea por ajuste de haces que une geométricamente las imágenes.
Temas:
Core

- Selección, medición y distribución de puntos de control terrestre
- Orientación interior y parámetros de calibración de cámara
- Orientación exterior y determinación de posición/actitud de la cámara
- Ajuste de haces para la orientación simultánea de múltiples imágenes
- Flujo de triangulación aérea para bloques grandes de imágenes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Seleccionar y distribuir puntos de control terrestre para un proyecto fotogramétrico [Usar]
2. Explicar la orientación interior y el rol de los parámetros de calibración de cámara [Familiarizarse]
3. Determinar los parámetros de orientación exterior de una imagen adquirida [Evaluar]
4. Realizar un ajuste de haces sobre un bloque de imágenes solapadas [Evaluar]
5. Ejecutar un flujo de triangulación aérea para un bloque grande de imágenes [Usar]

3.11.3. FOT/Productos Fotogramétricos Digitales

Producción de modelos digitales de elevación/superficie, ortofotos, y nubes de puntos densas (incluyendo flujos de Structure-from-Motion) a partir de imaginería fotogramétrica orientada, y la evaluación de su precisión.
Temas:
Core

- Generación de Modelos Digitales de Elevación/Superficie (DEM/DSM) a partir de imágenes estereoscópicas
- Producción y mosaico de ortofotos
- Generación de nubes de puntos densas a partir del emparejamiento fotogramétrico de imágenes
- Flujos de Structure-from-Motion (SfM) para conjuntos de imágenes no ordenadas
- Evaluación de la precisión de productos fotogramétricos digitales contra verdad de campo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Generar un modelo digital de elevación/superficie a partir de imágenes estereoscópicas [Usar]
2. Producir y realizar el mosaico de una ortofoto a partir de imágenes orientadas [Evaluar]
3. Generar una nube de puntos densa a partir del emparejamiento fotogramétrico de imágenes [Usar]
4. Aplicar un flujo de Structure-from-Motion a un conjunto de imágenes no ordenadas [Evaluar]
5. Evaluar la precisión de un producto fotogramétrico digital contra verdad de campo [Evaluar]

3.11.4. FOT/Fotogrametría UAV y de Corto Alcance

Planificación de misión, sensores y flujos de procesamiento para la adquisición fotogramétrica con drones y de corto alcance, junto con las consideraciones regulatorias que rigen el vuelo de UAV.
Temas:
Core

- Planificación de misión UAV: rutas de vuelo, solape y distancia de muestreo en el terreno
- Sensores y cargas útiles de UAV para la adquisición fotogramétrica
- Aplicaciones de fotogrametría de corto alcance (p. ej. documentación de fachadas/estructuras)
- Consideraciones regulatorias para operaciones de levantamiento con UAV
- Flujos de procesamiento fotogramétrico UAV de extremo a extremo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Planificar una misión fotogramétrica UAV con el solape y la distancia de muestreo en el terreno apropiados [Usar]
2. Seleccionar sensores y cargas útiles de UAV apropiados para una tarea fotogramétrica [Familiarizarse]
3. Aplicar técnicas fotogramétricas de corto alcance para documentar una estructura [Evaluar]
4. Cumplir con las regulaciones aplicables de operación de levantamiento con UAV [Familiarizarse]
5. Ejecutar un flujo de procesamiento fotogramétrico UAV de extremo a extremo [Usar]

3.12. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Esta área de conocimiento cubre la captura, almacenamiento, análisis y aplicación de datos espaciales en un sistema de información geográfica: modelos de datos SIG, análisis espacial y geoprocesamiento, adquisición e integración de datos, y aplicaciones de los SIG en ingeniería civil.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.12.1 Fundamentos y Modelos de Datos SIG (Pág. 118)	Electivo	
3.12.2 Análisis Espacial y Geoprocesamiento (Pág. 118)	Electivo	
3.12.3 Adquisición e Integración de Datos SIG (Pág. 119)	Electivo	
3.12.4 Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil (Pág. 119)	Electivo	

Cuadro 3.12: Lista de KUs del área de Sistemas de Información Geográfica.

3.12.1. SIG/Fundamentos y Modelos de Datos SIG

Modelos de datos espaciales vectoriales y raster, estructura de bases de datos espaciales, manejo de sistemas de referencia de coordenadas, y gestión de datos de atributos dentro de un SIG.

Temas:

Core

- Modelo de datos vectorial: puntos, líneas y polígonos, y topología
- Modelo de datos raster: tamaño de celda, resolución, y compensaciones raster-vector
- Estructura de bases de datos espaciales e indexación espacial
- Manejo de sistemas de referencia de coordenadas y reproyección al vuelo en un SIG
- Gestión de datos de atributos y uniones relacionales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Distinguir los modelos de datos vectoriales de los raster y seleccionar el apropiado para un conjunto de datos dado [Familiarizarse]
2. Construir un conjunto de datos vectorial topológicamente correcto en un SIG [Usar]
3. Diseñar un esquema de base de datos espacial para un proyecto SIG [Evaluar]
4. Gestionar sistemas de referencia de coordenadas y reproyección dentro de un proyecto SIG [Usar]
5. Unir datos de atributos a elementos espaciales mediante uniones relacionales [Usar]

3.12.2. SIG/Análisis Espacial y Geoprocesamiento

Operaciones de geoprocesamiento de superposición, proximidad, red y análisis de terreno, y los métodos de interpolación espacial usados para generar superficies continuas a partir de datos muestreados.

Temas:

Core

- Análisis de superposición: operaciones de intersección, unión y unión espacial
- Análisis de buffer y proximidad
- Análisis de redes: ruta más corta, áreas de servicio y asignación
- Análisis de terreno a partir de un DEM raster: pendiente, orientación y delineación de cuencas
- Métodos de interpolación espacial para generar superficies continuas a partir de datos muestreados

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar un análisis de superposición para combinar múltiples conjuntos de datos espaciales [Usar]
2. Realizar un análisis de buffer/proximidad para un estudio de ubicación o impacto [Evaluar]
3. Resolver un problema de análisis de redes (ruta más corta, área de servicio o asignación) [Usar]
4. Derivar la pendiente, orientación y los límites de cuencas a partir de un DEM raster [Evaluar]
5. Interpolar una superficie continua a partir de datos muestreados puntuales [Usar]

3.12.3. SIG/Adquisición e Integración de Datos SIG

Métodos para capturar e integrar datos de campo, GNSS y teledetección en un SIG, y las prácticas de calidad de datos y metadatos requeridas para un análisis espacial confiable.

Temas:

Core

- Métodos de captura de datos de campo: digitalización, captura heads-up y SIG móvil
- Integración de datos recolectados con GNSS en un SIG
- Integración de imaginería de teledetección y productos derivados en un SIG
- Estándares de calidad de datos: precisión posicional, completitud y linaje
- Estándares de documentación de metadatos de datos espaciales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Capturar datos de campo en un SIG usando herramientas de digitalización o SIG móvil [Usar]
2. Integrar datos recolectados con GNSS en un conjunto de datos SIG [Evaluar]
3. Integrar productos derivados de teledetección en un análisis SIG [Usar]
4. Evaluar un conjunto de datos espaciales contra los estándares de calidad de datos aplicables [Evaluar]
5. Documentar los metadatos de un conjunto de datos espaciales siguiendo un estándar reconocido [Familiarizarse]

3.12.4. SIG/Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil

Aplicación de los SIG al mapeo de activos de infraestructura, análisis de uso de suelo y ambiental, SIG web e infraestructura de datos espaciales, y apoyo a la toma de decisiones basado en SIG para proyectos de ingeniería civil.

Temas:

Core

- Mapeo e inventario de activos de infraestructura en un SIG
- Análisis de uso de suelo y ambiental usando SIG
- SIG web e infraestructura de datos espaciales (IDE) para el intercambio de datos
- Apoyo a la toma de decisiones basado en SIG y selección de sitios multicriterio
- Diseño de un flujo de proyecto SIG desde la adquisición de datos hasta el producto final

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Construir un inventario de activos de infraestructura en un SIG [Usar]
2. Analizar condiciones de uso de suelo o ambientales usando capas SIG [Evaluar]
3. Publicar un conjunto de datos a través de un SIG web o infraestructura de datos espaciales [Usar]
4. Apoyar una decisión de selección de sitio usando análisis multicriterio basado en SIG [Evaluar]
5. Diseñar un flujo de proyecto SIG de extremo a extremo para una aplicación de ingeniería civil [Evaluar]

3.13. Teledetección (TLD)

Esta área de conocimiento cubre la adquisición e interpretación de información sobre la superficie terrestre desde sensores satelitales, aerotransportados y UAV: fundamentos de teledetección, procesamiento digital de imágenes, sensoramiento activo (LiDAR y radar), y aplicaciones de la teledetección en ingeniería civil.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.13.1 Fundamentos de Teledetección (Pág. 120)	Electivo	
3.13.2 Procesamiento Digital de Imágenes (Pág. 120)	Electivo	
3.13.3 Teledetección Activa: LiDAR y Radar (Pág. 120)	Electivo	
3.13.4 Aplicaciones de la Teledetección en Ingeniería Civil (Pág. 121)	Electivo	

Cuadro 3.13: Lista de KUs del área de Teledetección.

3.13.1. TLD/Fundamentos de Teledetección

El espectro electromagnético y su interacción con los materiales de la superficie terrestre, los tipos de sensores pasivos y activos, los conceptos de resolución que caracterizan a un sensor, y las plataformas que los portan.

Temas:

Core

- El espectro electromagnético y las firmas espectrales de los materiales de la superficie terrestre
- Tipos de sensores pasivos versus activos
- Conceptos de resolución espacial, espectral, temporal y radiométrica
- Plataformas de teledetección satelitales, aerotransportadas y UAV
- Efectos atmosféricos sobre las señales teledetectadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el espectro electromagnético y el concepto de firma espectral [Familiarizarse]
2. Distinguir la teledetección pasiva de la activa e identificar sensores de ejemplo de cada una [Familiarizarse]
3. Seleccionar un sensor y plataforma según la resolución espacial, espectral y temporal requerida [Usar]
4. Describir las plataformas de teledetección disponibles para una aplicación dada [Familiarizarse]
5. Tener en cuenta los efectos atmosféricos al interpretar datos teledetectados [Evaluar]

3.13.2. TLD/Procesamiento Digital de Imágenes

Preprocesamiento radiométrico y geométrico de imaginería teledetectada, mejora de imagen, índices espectrales derivados, y las técnicas de clasificación de imágenes usadas para extraer información temática.

Temas:

Core

- Corrección radiométrica de imaginería teledetectada
- Corrección geométrica y ortorrectificación de imaginería
- Técnicas de mejora de imagen: realce de contraste y filtrado
- Combinaciones de bandas espectrales e índices (p. ej. NDVI)
- Clasificación de imágenes supervisada y no supervisada

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar corrección radiométrica a una imagen teledetectada [Usar]
2. Ortorrectificar imaginería usando control de campo y un modelo de terreno [Evaluar]
3. Mejorar una imagen usando realce de contraste y filtrado espacial [Usar]
4. Calcular índices espectrales (p. ej. NDVI) a partir de imaginería multiespectral [Evaluar]
5. Clasificar una imagen en categorías temáticas usando métodos supervisados o no supervisados [Evaluar]

3.13.3. TLD/Teledetección Activa: LiDAR y Radar

Principios de operación y productos derivados del LiDAR y el radar de apertura sintética, incluyendo las técnicas InSAR usadas para el monitoreo de deformación del terreno.

Temas:

Core

- Principios de operación del LiDAR: medición de distancia, escaneo y densidad de puntos
- Productos derivados del LiDAR: nubes de puntos clasificadas, DEMs y modelos de dosel
- Fundamentos del Radar de Apertura Sintética (SAR)
- SAR Interferométrico (InSAR) para el monitoreo de deformación del terreno
- Procesamiento de nubes de puntos y extracción de características a partir de sensores activos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar los principios de operación del LiDAR y los factores que determinan la densidad de puntos [Familiarizarse]
2. Derivar una nube de puntos clasificada, un DEM, o un modelo de dosel a partir de datos LiDAR [Usar]
3. Describir los fundamentos del Radar de Apertura Sintética y sus ventajas frente a la teledetección óptica [Familiarizarse]
4. Monitorear la deformación del terreno usando análisis de series temporales InSAR [Evaluar]
5. Procesar y extraer características de una nube de puntos adquirida por un sensor activo [Usar]

3.13.4. TLD/Aplicaciones de la Teledetección en Ingeniería Civil

Aplicación de la teledetección a la cobertura de suelo y detección de cambios, monitoreo ambiental y de amenazas, monitoreo de infraestructura, y su integración con SIG para la toma de decisiones en ingeniería.
Temas:
Core

- Clasificación de cobertura de suelo y detección de cambios multitemporal
- Monitoreo ambiental y de amenazas naturales usando teledetección
- Monitoreo de la condición y deformación de infraestructura usando teledetección
- Integración de productos de teledetección con SIG para el análisis y la toma de decisiones
- Flujos de aplicación de teledetección de extremo a extremo para un proyecto de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar la cobertura de suelo y detectar cambios multitemporales a partir de una serie de imágenes satelitales [Usar]
2. Monitorear una condición ambiental o de amenaza natural usando datos de teledetección [Evaluar]
3. Monitorear la condición o deformación de infraestructura usando técnicas de teledetección [Usar]
4. Integrar productos de teledetección en un análisis de ingeniería basado en SIG [Evaluar]
5. Diseñar un flujo de aplicación de teledetección de extremo a extremo para un proyecto de ingeniería [Evaluar]

3.14. Análisis y Modelación de Sistemas de Transporte (TSA)

Esta área de conocimiento abarca los fundamentos de ingeniería de sistemas del transporte, la modelación de redes, los métodos de simulación, las técnicas de optimización y la analítica de datos aplicada a problemas de transporte.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.14.1 Fundamentos de Sistemas de Transporte (Pág. 121)	Electivo	
3.14.2 Modelación de Redes de Transporte (Pág. 122)	Electivo	
3.14.3 Métodos de Simulación de Transporte (Pág. 122)	Electivo	
3.14.4 Optimización Aplicada al Transporte (Pág. 122)	Electivo	
3.14.5 Analítica de Datos para el Transporte (Pág. 123)	Electivo	

Cuadro 3.14: Lista de KUs del área de Análisis y Modelación de Sistemas de Transporte.

3.14.1. TSA/Fundamentos de Sistemas de Transporte

Modos de transporte y características de redes, el enfoque de ingeniería de sistemas aplicado a problemas de transporte, actores e instituciones involucradas, y medición de desempeño.
Temas:
Core

- Modos de transporte y características de las redes
- Enfoque de ingeniería de sistemas aplicado a problemas de transporte
- Actores e instituciones involucradas en sistemas de transporte
- Medidas de desempeño y conceptos de nivel de servicio para sistemas de transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los modos de transporte y sus características de red [Familiarizarse]
2. Explicar el enfoque de ingeniería de sistemas aplicado a problemas de transporte [Familiarizarse]
3. Identificar los actores e instituciones relevantes para un sistema de transporte [Familiarizarse]
4. Aplicar medidas de desempeño para evaluar un sistema de transporte [Usar]

3.14.2. TSA/Modelación de Redes de Transporte

Representación de redes de transporte basada en grafos, algoritmos de ruta más corta y enrutamiento, modelos de asignación de tránsito, y medidas de conectividad y accesibilidad de redes.
Temas:
Core

- Representación de redes de transporte basada en grafos
- Algoritmos de ruta más corta y enrutamiento
- Modelos de asignación de tránsito (equilibrio del usuario, óptimo del sistema)
- Medidas de conectividad y accesibilidad de redes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Representar una red de transporte usando estructuras de datos basadas en grafos [Usar]
2. Calcular rutas más cortas y trayectos dentro de una red de transporte [Usar]
3. Aplicar modelos de asignación de tránsito para estimar flujos en los arcos de la red [Evaluar]
4. Evaluar la conectividad y accesibilidad de una red [Evaluar]

3.14.3. TSA/Métodos de Simulación de Transporte

Fundamentos de simulación microscópica, macroscópica y mesoscópica, calibración y validación de modelos de simulación, y análisis de escenarios a partir de resultados de simulación.
Temas:
Core

- Fundamentos de microsimulación para sistemas de tránsito y transporte público
- Fundamentos de simulación macroscópica y mesoscópica
- Calibración y validación de modelos de simulación
- Análisis de escenarios a partir de resultados de simulación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los fundamentos de la microsimulación de tránsito y transporte público [Familiarizarse]
2. Explicar los enfoques de simulación macroscópica y mesoscópica [Familiarizarse]
3. Calibrar y validar un modelo de simulación contra datos de campo [Usar]
4. Realizar análisis de escenarios a partir de resultados de simulación [Usar]

3.14.4. TSA/Optimización Aplicada al Transporte

Optimización de enrutamiento y programación de vehículos, optimización del diseño de redes de transporte, asignación de recursos y localización de instalaciones, y métodos heurísticos de solución.
Temas:
Core

- Optimización de enrutamiento y programación de vehículos
- Optimización del diseño de redes de transporte
- Asignación de recursos y optimización de localización de instalaciones
- Métodos heurísticos y metaheurísticos de solución

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Formular un problema de enrutamiento o programación de vehículos como un modelo de optimización [Usar]
2. Resolver un problema de optimización del diseño de una red de transporte [Usar]
3. Aplicar métodos de asignación de recursos y localización de instalaciones a un problema de transporte [Evaluar]
4. Describir métodos heurísticos y metaheurísticos para optimización de transporte a gran escala [Familiarizarse]

3.14.5. TSA/Analítica de Datos para el Transporte

Fuentes de datos masivos para el transporte, aplicaciones de SIG, aplicaciones de aprendizaje automático, y visualización de datos para el monitoreo de desempeño del transporte.
Temas:
Core

- Fuentes de datos masivos para el transporte (GPS, sensores, dispositivos móviles, vehículos sonda)
- Aplicaciones de SIG en el análisis de transporte
- Aplicaciones de aprendizaje automático en el transporte
- Visualización de datos y tableros para el desempeño del transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar las fuentes de datos masivos disponibles para el análisis de transporte [Familiarizarse]
2. Aplicar herramientas SIG para analizar datos de transporte [Usar]
3. Describir aplicaciones de aprendizaje automático en el transporte [Familiarizarse]
4. Desarrollar visualizaciones de datos y tableros para el monitoreo del desempeño del transporte [Usar]

3.15. Planificación Urbana y Regional del Transporte (UTP)

Esta área de conocimiento abarca la integración de uso de suelo y transporte, la planificación regional del transporte, el desarrollo orientado al tránsito, la planificación del transporte activo, y la gestión de estacionamientos y espacio vial.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.15.1 Integración de Uso de Suelo y Transporte (Pág. 123)	Electivo	
3.15.2 Planificación Regional del Transporte (Pág. 124)	Electivo	
3.15.3 Desarrollo Orientado al Tránsito (Pág. 124)	Electivo	
3.15.4 Planificación del Transporte Activo (Pág. 124)	Electivo	
3.15.5 Gestión de Estacionamientos y Espacio Vial (Pág. 125)	Electivo	

Cuadro 3.15: Lista de KUs del área de Planificación Urbana y Regional del Transporte.

3.15.1. UTP/Integración de Uso de Suelo y Transporte

El ciclo de retroalimentación entre uso de suelo y transporte, relaciones de densidad y accesibilidad, coordinación a nivel de corredor, y estrategias de gestión del crecimiento vinculadas a la inversión en transporte.
Temas:
Core

- Ciclo de retroalimentación entre uso de suelo y transporte
- Relaciones de densidad, mezcla de usos y accesibilidad
- Coordinación de uso de suelo y transporte a nivel de corredor
- Estrategias de gestión del crecimiento vinculadas a la inversión en transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el ciclo de retroalimentación entre uso de suelo y transporte [Familiarizarse]
2. Describir la relación entre densidad, mezcla de usos de suelo y accesibilidad [Familiarizarse]
3. Desarrollar un plan coordinado de uso de suelo y transporte para un corredor [Usar]
4. Describir estrategias de gestión del crecimiento vinculadas a la inversión en transporte [Familiarizarse]

3.15.2. UTP/Planificación Regional del Transporte

El proceso de planificación metropolitana, los planes de transporte de largo plazo, el pronóstico regional de demanda de viajes, y el financiamiento y la programación.
Temas:
Core

- Proceso de planificación de la organización metropolitana (MPO)
- Elaboración del plan de transporte de largo plazo
- Pronóstico regional de la demanda de viajes
- Financiamiento y programación de inversiones (programa de mejoras de capital)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el proceso de la organización metropolitana de planificación [Familiarizarse]
2. Desarrollar un plan de transporte de largo plazo [Usar]
3. Aplicar métodos de pronóstico regional de demanda de viajes [Usar]
4. Programar inversiones de transporte en un programa de mejoras de capital [Usar]

3.15.3. UTP/Desarrollo Orientado al Tránsito

Principios del desarrollo orientado al tránsito, planificación del área de estación, estándares de densidad y mezcla de usos, y conexiones de primera y última milla.
Temas:
Core

- Principios del desarrollo orientado al tránsito
- Planificación del área de estación
- Estándares de densidad y mezcla de usos de suelo para TOD
- Conexiones de primera y última milla

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar los principios del desarrollo orientado al tránsito [Familiarizarse]
2. Diseñar un plan de área de estación [Usar]
3. Aplicar estándares de densidad y mezcla de usos en un proyecto TOD [Usar]
4. Integrar conexiones de primera y última milla en un plan de área de estación [Usar]

3.15.4. UTP/Planificación del Transporte Activo

Planificación de la red peatonal, planificación de la red ciclista, diseño de vías multiuso, y programas Safe Routes to School/Transit.
Temas:
Core

- Planificación de la red peatonal
- Planificación de la red ciclista
- Diseño de vías multiuso
- Programas de rutas seguras hacia colegios/transporte público

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Planificar una red peatonal para un área urbana [Usar]
2. Diseñar una red ciclista y sus instalaciones [Usar]

3. Describir los principios de diseño de vías multiuso [Familiarizarse]
4. Desarrollar un programa de rutas seguras hacia colegios o transporte público [Usar]

3.15.5. UTP/Gestión de Estacionamientos y Espacio Vial

Análisis de la demanda de estacionamiento, política y tarificación de estacionamientos, asignación del espacio de borde de vía, y gestión de zonas de carga y de recojo/entrega de vehículos de plataformas digitales.

Temas:

Core

- Análisis de la demanda de estacionamiento
- Política y estrategias de tarificación de estacionamientos
- Asignación del espacio de borde de vía entre usos en competencia
- Gestión de zonas de carga y de recojo/entrega de vehículos de plataformas digitales (TNC)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar un análisis de la demanda de estacionamiento [Usar]
2. Describir políticas y estrategias de tarificación de estacionamientos [Familiarizarse]
3. Asignar el espacio de borde de vía entre usos en competencia [Usar]
4. Explicar estrategias de gestión de zonas de carga y de recojo/entrega de vehículos de plataformas digitales [Familiarizarse]

3.16. Política, Regulación y Gobernanza del Transporte (TPL)

Esta área de conocimiento abarca los marcos de política de transporte, el derecho y la regulación del transporte, la evaluación ambiental y los permisos, la equidad y accesibilidad, y la gobernanza institucional.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.16.1 Marcos de Política de Transporte (Pág. 125)	Electivo	
3.16.2 Derecho y Regulación del Transporte (Pág. 126)	Electivo	
3.16.3 Evaluación Ambiental y Permisos (Pág. 126)	Electivo	
3.16.4 Equidad y Accesibilidad en el Transporte (Pág. 126)	Electivo	
3.16.5 Gobernanza Institucional del Transporte (Pág. 126)	Electivo	

Cuadro 3.16: Lista de KUs del área de Política, Regulación y Gobernanza del Transporte.

3.16.1. TPL/Marcos de Política de Transporte

Política nacional de transporte, instrumentos de política, planificación basada en desempeño, y marcos de política internacional.

Temas:

Core

- Marcos de política nacional de transporte
- Instrumentos de política: regulación, tarificación, inversión, información
- Planificación y programación basada en desempeño
- Marcos de política de transporte internacional

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir un marco de política nacional de transporte [Familiarizarse]
2. Explicar las principales categorías de instrumentos de política de transporte [Familiarizarse]
3. Aplicar principios de planificación basada en desempeño a un programa de transporte [Usar]
4. Comparar marcos de política de transporte internacional [Familiarizarse]

3.16.2. TPL/Derecho y Regulación del Transporte

El marco regulatorio que rige el transporte, la regulación de vehículos y operadores, el derecho de concesiones y asociaciones público-privadas, y la responsabilidad civil y los seguros.

Temas:

Core

- Marco regulatorio de la infraestructura y los servicios de transporte
- Regulación de vehículos y operadores
- Derecho de concesiones y asociaciones público-privadas
- Responsabilidad civil y seguros en proyectos y operaciones de transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir el marco regulatorio que rige la infraestructura y los servicios de transporte [Familiarizarse]
2. Explicar los requisitos de regulación de vehículos y operadores [Familiarizarse]
3. Analizar un contrato de concesión o asociación público-privada [Usar]
4. Describir consideraciones de responsabilidad civil y seguros para un proyecto de transporte [Familiarizarse]

3.16.3. TPL/Evaluación Ambiental y Permisos

Evaluación de impacto ambiental, el proceso de permisos, la planificación de mitigación, y la consulta pública para proyectos de transporte.

Temas:

Core

- Evaluación de impacto ambiental para proyectos de transporte
- Proceso y requisitos de permisos
- Planificación de mitigación ambiental
- Procesos de consulta pública

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar una evaluación de impacto ambiental para un proyecto de transporte [Usar]
2. Describir el proceso de permisos y sus requisitos [Familiarizarse]
3. Desarrollar un plan de mitigación ambiental [Usar]
4. Facilitar un proceso de consulta pública para un proyecto de transporte [Usar]

3.16.4. TPL/Equidad y Accesibilidad en el Transporte

Marcos de equidad en el transporte, análisis de accesibilidad, evaluación de impactos en comunidades desfavorecidas, y estándares de diseño universal.

Temas:

Core

- Marcos de equidad en el transporte
- Métodos de análisis de accesibilidad
- Evaluación de impactos del transporte en comunidades desfavorecidas
- Estándares de diseño universal para instalaciones de transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar los marcos de equidad en el transporte [Familiarizarse]
2. Realizar un análisis de accesibilidad para un proyecto de transporte [Usar]
3. Evaluar los impactos del transporte en comunidades desfavorecidas [Evaluar]
4. Aplicar estándares de diseño universal a una instalación de transporte [Usar]

3.16.5. TPL/Gobernanza Institucional del Transporte

Gobernanza multinivel, arreglos institucionales, coordinación interinstitucional, y marcos de rendición de cuentas por desempeño para sistemas de transporte.

Temas:
Core
- Gobernanza multinivel de los sistemas de transporte
- Arreglos institucionales para agencias de transporte
- Mecanismos de coordinación interinstitucional
- Marcos de rendición de cuentas por desempeño

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Describir la gobernanza multinivel de los sistemas de transporte [Familiarizarse]
2. Explicar los arreglos institucionales de las agencias de transporte [Familiarizarse]
3. Coordinar esfuerzos interinstitucionales en un programa de transporte [Usar]
4. Desarrollar un marco de rendición de cuentas por desempeño para una agencia de transporte [Usar]

3.17. Movilidad Sostenible y Resiliente (SMT)

Esta área de conocimiento abarca las emisiones del transporte y la descarbonización, la electrificación y los combustibles alternativos, la resiliencia climática de la infraestructura de transporte, la mitigación de ruido y calidad del aire, y la evaluación de sostenibilidad de ciclo de vida.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.17.1 Emisiones del Transporte y Descarbonización (Pág. 127)	Electivo	
3.17.2 Electrificación y Combustibles Alternativos (Pág. 127)	Electivo	
3.17.3 Resiliencia Climática de la Infraestructura de Transporte (Pág. 128)	Electivo	
3.17.4 Mitigación de Ruido y Calidad del Aire (Pág. 128)	Electivo	
3.17.5 Evaluación de Sostenibilidad de Ciclo de Vida (Pág. 128)	Electivo	

Cuadro 3.17: Lista de KUs del área de Movilidad Sostenible y Resiliente.

3.17.1. SMT/Emisiones del Transporte y Descarbonización

Métodos de inventario de gases de efecto invernadero, estrategias de descarbonización, cambio modal para la reducción de emisiones, y mecanismos de tarificación del carbono.
Temas:
Core
- Métodos de inventario de gases de efecto invernadero para el sector transporte
- Estrategias de descarbonización para sistemas de transporte
- Estrategias de cambio modal para la reducción de emisiones
- Mecanismos de tarificación del carbono aplicados al transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Realizar un inventario de gases de efecto invernadero para un sistema de transporte [Usar]
2. Describir estrategias de descarbonización para sistemas de transporte [Familiarizarse]
3. Evaluar el impacto en la reducción de emisiones de una estrategia de cambio modal [Evaluar]
4. Explicar los mecanismos de tarificación del carbono aplicados al transporte [Familiarizarse]

3.17.2. SMT/Electrificación y Combustibles Alternativos

Planificación de infraestructura de carga de vehículos eléctricos, tecnologías de combustibles alternativos, estrategias de electrificación de flotas, y pronóstico de la demanda de carga.
Temas:
Core
- Planificación de infraestructura de carga de vehículos eléctricos
- Tecnologías de combustibles alternativos (hidrógeno, biocombustibles, gas natural)
- Estrategias de electrificación de flotas

- Pronóstico de la demanda de carga

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Planificar la infraestructura de carga de vehículos eléctricos para un área de servicio [Usar]
2. Describir las tecnologías de combustibles alternativos para el transporte [Familiarizarse]
3. Desarrollar una estrategia de electrificación de flotas [Usar]
4. Pronosticar la demanda de carga para un horizonte de planificación [Usar]

3.17.3. SMT/Resiliencia Climática de la Infraestructura de Transporte

Evaluación del riesgo climático, estrategias de adaptación, estándares de diseño resiliente, y planificación de recuperación ante desastres para infraestructura de transporte.
Temas:
Core

- Evaluación del riesgo climático para infraestructura de transporte
- Estrategias de adaptación climática
- Estándares de diseño resiliente para infraestructura de transporte
- Planificación de recuperación ante desastres para sistemas de transporte

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar una evaluación del riesgo climático para un activo de transporte [Usar]
2. Describir estrategias de adaptación climática para infraestructura de transporte [Familiarizarse]
3. Aplicar estándares de diseño resiliente a un proyecto de transporte [Usar]
4. Desarrollar un plan de recuperación ante desastres para un sistema de transporte [Usar]

3.17.4. SMT/Mitigación de Ruido y Calidad del Aire

Evaluación del impacto acústico, evaluación del impacto en la calidad del aire, medidas de mitigación, y diseño de programas de monitoreo para instalaciones de transporte.
Temas:
Core

- Evaluación del impacto acústico de instalaciones de transporte
- Evaluación del impacto en la calidad del aire
- Medidas de mitigación de ruido y calidad del aire
- Diseño de programas de monitoreo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Realizar una evaluación del impacto acústico para una instalación de transporte [Usar]
2. Evaluar los impactos en la calidad del aire de un proyecto de transporte [Evaluar]
3. Seleccionar medidas apropiadas de mitigación de ruido y calidad del aire [Usar]
4. Diseñar un programa de monitoreo de ruido o calidad del aire [Usar]

3.17.5. SMT/Evaluación de Sostenibilidad de Ciclo de Vida

Métodos de análisis de ciclo de vida, carbono incorporado de materiales, sistemas de certificación de sostenibilidad de infraestructura, e incorporación del costo del carbono en la toma de decisiones.
Temas:
Core

- Métodos de análisis de ciclo de vida para infraestructura de transporte
- Carbono incorporado de los materiales de construcción de transporte
- Sistemas de certificación de sostenibilidad de infraestructura (Envision, Greenroads)
- Incorporación del costo del carbono en la toma de decisiones de proyectos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los métodos de análisis de ciclo de vida para infraestructura de transporte [Familiarizarse]

2. Calcular el carbono incorporado de los materiales de construcción de transporte [Usar]
3. Explicar cómo los sistemas de certificación de sostenibilidad de infraestructura evalúan un proyecto [Familiarizarse]
4. Incorporar el costo del carbono en la toma de decisiones de un proyecto de transporte [Usar]

3.18. Gestión de Proyectos y Práctica Profesional en Transporte (TPM)

Esta área de conocimiento abarca los métodos de entrega de proyectos, la estimación de costos y programación, la gestión de construcción de proyectos de transporte, la participación de interesados, y la ética y práctica profesional.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
3.18.1 Métodos de Entrega de Proyectos de Transporte (Pág. 129)	Electivo	
3.18.2 Estimación de Costos y Programación (Pág. 129)	Electivo	
3.18.3 Gestión de Construcción de Proyectos de Transporte (Pág. 130)	Electivo	
3.18.4 Participación de Interesados (Pág. 130)	Electivo	
3.18.5 Ética y Práctica Profesional (Pág. 130)	Electivo	

Cuadro 3.18: Lista de KUs del área de Gestión de Proyectos y Práctica Profesional en Transporte.

3.18.1. TPM/Métodos de Entrega de Proyectos de Transporte

Selección entre métodos de entrega de proyectos, asociaciones público-privadas, estrategias de adquisición, y tipos de contrato y asignación de riesgos.

Temas:

Core

- Selección entre métodos de entrega (diseño-licitación-construcción, diseño-construcción, CM/GC)
- Estructuras de asociación público-privada
- Estrategias de adquisición para proyectos de transporte
- Tipos de contrato y asignación de riesgos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar un método de entrega apropiado para un proyecto de transporte [Usar]
2. Describir estructuras de asociación público-privada para infraestructura de transporte [Familiarizarse]
3. Explicar estrategias de adquisición para proyectos de transporte [Familiarizarse]
4. Asignar apropiadamente los riesgos entre los distintos tipos de contrato [Usar]

3.18.2. TPM/Estimación de Costos y Programación

Estimación de costos conceptual y detallada, elaboración de cronogramas por el método de la ruta crítica, y estimación de contingencias basada en riesgos.

Temas:

Core

- Estimación de costos conceptual
- Estimación de costos detallada
- Elaboración de cronogramas por el método de la ruta crítica (CPM)
- Estimación de contingencias basada en riesgos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar una estimación de costos conceptual para un proyecto de transporte [Usar]
2. Preparar una estimación de costos detallada para un proyecto de transporte [Usar]
3. Elaborar un cronograma por el método de la ruta crítica para un proyecto de transporte [Usar]
4. Aplicar métodos de estimación de contingencias basada en riesgos [Usar]

3.18.3. TPM/Gestión de Construcción de Proyectos de Transporte

Gestión de la fase de construcción, control de tránsito durante la construcción, aseguramiento y control de calidad, y reclamos de construcción.

Temas:

Core

- Gestión de la fase de construcción
- Control de tránsito en zonas de obra durante la construcción
- Aseguramiento y control de calidad (QA/QC)
- Reclamos de construcción y resolución de disputas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir la gestión de la fase de construcción de un proyecto de transporte [Familiarizarse]
2. Diseñar un plan de control de tránsito para una zona de obra [Usar]
3. Aplicar procedimientos de aseguramiento y control de calidad [Usar]
4. Explicar causas comunes de reclamos de construcción y enfoques de resolución de disputas [Familiarizarse]

3.18.4. TPM/Participación de Interesados

Planificación de la participación pública, estrategias de comunicación, resolución de conflictos, y coordinación de equipos multidisciplinarios para proyectos de transporte.

Temas:

Core

- Planificación de la participación pública
- Estrategias de comunicación para proyectos de transporte
- Técnicas de resolución de conflictos
- Coordinación de equipos multidisciplinarios

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan de participación pública para un proyecto de transporte [Usar]
2. Describir estrategias de comunicación para proyectos de transporte [Familiarizarse]
3. Aplicar técnicas de resolución de conflictos entre interesados del proyecto [Usar]
4. Coordinar un equipo de proyecto multidisciplinario [Usar]

3.18.5. TPM/Ética y Práctica Profesional

Códigos de ética profesional, licenciamiento y certificación, responsabilidad profesional, y desarrollo profesional continuo.

Temas:

Core

- Código de ética profesional
- Requisitos de licenciamiento y certificación
- Responsabilidad profesional
- Desarrollo profesional continuo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el código de ética profesional aplicable a la práctica de la ingeniería de transporte [Familiarizarse]
2. Describir los requisitos de licenciamiento y certificación para ingenieros de transporte [Familiarizarse]
3. Describir consideraciones de responsabilidad profesional en la práctica de la ingeniería de transporte [Familiarizarse]
4. Planificar una ruta de desarrollo profesional continuo [Usar]

Capítulo 4

Cuerpo del conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*)

Las 21 áreas de conocimiento en Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) son:

4.1 Cálculo y Análisis (CAN) (Pág. 132)
- 4.1.1 Integrales de Línea y Campos Vectoriales (Pág. 133)
- 4.1.2 Integrales Múltiples (Pág. 133)
- 4.1.3 Transformaciones Multivariables (Pág. 133)
- 4.1.4 Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales (Pág. 134)
- 4.1.5 Funciones Vectoriales de una Variable Real (Pág. 134)
- 4.1.6 Límites y Continuidad (Pág. 134)
- 4.1.7 Cálculo Diferencial (Pág. 134)
- 4.1.8 Cálculo Integral (Pág. 135)
- 4.1.9 Integrales Impropias (Pág. 135)
- 4.1.10 Sucesiones, Series y Series de Potencias (Pág. 135)
- 4.1.11 Aplicaciones de la Integral Definida (Pág. 136)
- 4.1.12 Geometría en el Espacio (Pág. 136)
- 4.1.13 Superficies Cuádricas (Pág. 136)
- 4.1.14 Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares (Pág. 136)
- 4.1.15 Cálculo Multivariable y Vectorial (Pág. 137)
- 4.1.16 Análisis Complejo y Transformaciones Conformes (Pág. 137)
- 4.1.17 Análisis Armónico y Series de Fourier (Pág. 137)

4.2 álgebra y Teoría de Números (ANT) (Pág. 138)
- 4.2.1 Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales (Pág. 138)
- 4.2.2 Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales (Pág. 138)
- 4.2.3 Valores Propios y Espacios con Producto Interno (Pág. 139)

4.3 Modelado Matemático y Simulación (MMS) (Pág. 139)
- 4.3.1 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (Pág. 139)
- 4.3.2 Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (Pág. 139)
- 4.3.3 Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) (Pág. 140)
- 4.3.4 Dinámica de Fluidos Matemática (Pág. 140)
- 4.3.5 Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación (Pág. 141)
- 4.3.6 Sistemas Dinámicos y Teoría de Bifurcaciones (Pág. 141)
- 4.3.7 Teoría de Control y Control Óptimo (Pág. 141)

4.4 Probabilidad y Estadística (PST) (Pág. 142)
- 4.4.1 Estadística Matemática y Teoría de Estimación (Pág. 142)
- 4.4.2 Análisis de Series Temporales (Pág. 142)
- 4.4.3 Axiomas de Probabilidad y Variables Aleatorias (Pág. 143)
- 4.4.4 Procesos Estocásticos y Cadenas de Markov (Pág. 143)

4.5 Análisis Numérico y Científico (NSA) (Pág. 144)
- 4.5.1 Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (Pág. 144)
- 4.5.2 álgebra Lineal Numérica (Pág. 144)
- 4.5.3 Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (Pág. 145)
- 4.5.4 Teoría de Aproximación e Interpolación (Pág. 145)
- 4.5.5 Integración Numérica y Cuadratura (Pág. 145)
- 4.5.6 Métodos Numéricos para EDO y EDP (Pág. 146)
- 4.5.7 Método de Elementos Finitos (Pág. 146)
- 4.5.8 Algoritmos de Optimización (Pág. 147)
- 4.5.9 Computación Paralela y de Alto Rendimiento (Pág. 147)

4.6 Fundamentos Matemáticos de la Ciencia de Datos (FDS) (Pág. 147)
- 4.6.1 Teoría de la Información y Entropía (Pág. 148)

4.7 Matemáticas Discretas y Combinatoria (DMC) (Pág. 148)
- 4.7.1 Teoría de Grafos (Pág. 148)

4.8 Biología Matemática y Ciencias de la Vida (MBL) (Pág. 149)
- 4.8.1 Dinámica de Poblaciones (Pág. 149)

4.9 Matemáticas Financieras y Actuariales (FAM) (Pág. 149)
- 4.9.1 Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (Pág. 149)

4.10 Mecánica Clásica (CME) (Pág. 150)
- 4.10.1 Cinemática y Dinámica de Partículas (Pág. 150)
- 4.10.2 Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas (Pág. 151)
- 4.10.3 Movimiento Rotacional y Momento Angular (Pág. 151)
- 4.10.4 Sistemas de Partículas y Momento Lineal (Pág. 152)
- 4.10.5 Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (Pág. 152)
- 4.10.6 Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (Pág. 153)
- 4.10.7 Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (Pág. 153)
- 4.10.8 Elasticidad (Pág. 154)
- 4.10.9 Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad (Pág. 154)
- 4.10.10 Vibraciones y Ondas (Pág. 155)
- 4.10.11 Teoría de Pequeñas Oscilaciones y Osciladores Acoplados (Pág. 155)
- 4.10.12 Fenómeno de Transporte (Pág. 156)

4.11 Electromagnetismo (ELM) (Pág. 156)
- 4.11.1 Electrostática: Campo Eléctrico y Ley de Gauss (Pág. 156)
- 4.11.2 Potencial Eléctrico y Ecuaciones de Poisson/Laplace (Pág. 157)
- 4.11.3 Energía Electrostática y Dieléctricos (Pág. 157)
- 4.11.4 Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere (Pág. 158)
- 4.11.5 Propiedades Magnéticas de la Materia (Pág. 158)

- 4.11.6 Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción (Pág. 158)
- 4.11.7 Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff (Pág. 159)
- 4.11.8 Ecuaciones de Maxwell y Transformaciones de Gauge (Pág. 159)
- 4.11.9 Ondas Electromagnéticas y Propagación en Medios (Pág. 159)

4.12 Termodinámica y Mecánica Estadística (TSM) (Pág. 160)
- 4.12.1 Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (Pág. 160)
- 4.12.2 Teoría Cinética de los Gases (Pág. 161)
- 4.12.3 Máquinas Térmicas, Entropía y Segunda Ley (Pág. 161)

4.13 Física de la Materia Condensada (SSP) (Pág. 161)
- 4.13.1 Estructuras Cristalinas y Redes Recíprocas (Pág. 162)
- 4.13.2 Modelo de Electrones Libres y Teoría de Bandas de los Sólidos (Pág. 162)
- 4.13.3 Semiconductores, Aislantes y Metales (Pág. 162)

4.14 Química General (GCH) (Pág. 163)
- 4.14.1 Materia y Energía (Pág. 163)
- 4.14.2 Estructura Atómica Básica (Pág. 163)
- 4.14.3 Enlace Químico (Pág. 164)
- 4.14.4 Estequiometría (Pág. 164)
- 4.14.5 Estados de la Materia (Pág. 164)
- 4.14.6 Química Ambiental y del Agua (Pág. 164)
- 4.14.7 Polímeros y Geosintéticos (Pág. 165)
- 4.14.8 Equilibrio Químico (Pág. 165)
- 4.14.9 Equilibrio Iónico e Hidrólisis de Sales (Pág. 165)
- 4.14.10 Sales, Solubilidad y Equilibrios de Precipitación (Pág. 165)
- 4.14.11 Electroquímica y Electrólisis (Pág. 166)
- 4.14.12 Química del Cemento (Pág. 166)

4.15 Química Inorgánica (INC) (Pág. 166)
- 4.15.1 Química del Estado Sólido y Materiales (Pág. 166)
- 4.15.2 Estructura Atómica y Periodicidad (Pág. 167)

4.16 Físico-Química (PHC) (Pág. 167)
- 4.16.1 Termodinámica Química y Equilibrio (Pág. 168)

4.17 Ciencia de Materiales y Nanotecnología (MSN) (Pág. 168)
- 4.17.1 Síntesis de Nanomateriales y Nanofabricación (Pág. 168)
- 4.17.2 Caracterización de Materiales (DRX, SEM, TEM) (Pág. 169)
- 4.17.3 Materiales para el Almacenamiento y Conversión de Energía (Pág. 169)

4.18 Teoría de la Probabilidad (PRO) (Pág. 170)
- 4.18.1 Espacios Muestrales y Eventos (Pág. 170)
- 4.18.2 Axiomas y Propiedades de la Probabilidad (Pág. 170)
- 4.18.3 Probabilidad Condicional e Independencia (Pág. 171)
- 4.18.4 Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones (Pág. 171)
- 4.18.5 Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones (Pág. 171)
- 4.18.6 Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales (Pág. 172)
- 4.18.7 Teoremas Límite: LGN y TCL (Pág. 172)

4.19 Estadística Descriptiva y Análisis de Datos (DSC) (Pág. 173)
- 4.19.1 Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma (Pág. 173)

4.20 Inferencia Estadística (INF) (Pág. 173)
- 4.20.1 Estimación Puntual (Pág. 173)
- 4.20.2 Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza (Pág. 174)
- 4.20.3 Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis (Pág. 174)
- 4.20.4 Inferencia Bayesiana (Pág. 174)

4.21 Regresión y Modelos Estadísticos (REG) (Pág. 175)
- 4.21.1 Regresión Lineal Simple (Pág. 175)

4.1. Cálculo y Análisis (CAN)

Esta área cubre el estudio fundamental del cambio, los límites y las propiedades rigurosas de las funciones. Abarca desde la diferenciación e integración básicas hasta espacios funcionales avanzados, proporcionando las herramientas esenciales para todo modelado matemático en ingeniería.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.1.1 Integrales de Línea y Campos Vectoriales (Pág. 133)	1	1
⭐ 4.1.2 Integrales Múltiples (Pág. 133)	1	1
⭐ 4.1.3 Transformaciones Multivariables (Pág. 133)	1	1
⭐ 4.1.4 Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales (Pág. 134)	1	1
⭐ 4.1.5 Funciones Vectoriales de una Variable Real (Pág. 134)	1	1
⭐ 4.1.6 Límites y Continuidad (Pág. 134)	1	1
⭐ 4.1.7 Cálculo Diferencial (Pág. 134)	1	1
⭐ 4.1.8 Cálculo Integral (Pág. 135)	1	1
⭐ 4.1.9 Integrales Impropias (Pág. 135)	1	1
⭐ 4.1.10 Sucesiones, Series y Series de Potencias (Pág. 135)	1	1
⭐ 4.1.11 Aplicaciones de la Integral Definida (Pág. 136)	1	1
⭐ 4.1.12 Geometría en el Espacio (Pág. 136)	1	1
⭐ 4.1.13 Superficies Cuádricas (Pág. 136)	1	1
⭐ 4.1.14 Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares (Pág. 136)	1	1
⭐ 4.1.15 Cálculo Multivariable y Vectorial (Pág. 137)	1	1
4.1.16 Análisis Complejo y Transformaciones Conformes (Pág. 137)	Electivo	
4.1.17 Análisis Armónico y Series de Fourier (Pág. 137)	Electivo	

Cuadro 4.1: Lista de KUs del área de Cálculo y Análisis.

4.1.1. CAN/Integrales de Línea y Campos Vectoriales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Integrales de línea escalares y vectoriales, campos conservativos, funciones potencial, independencia de la trayectoria y el Teorema de Green.

Temas:

Core

- Campos vectoriales: definición, visualización, divergencia y rotacional
- Integrales de línea de funciones escalares: longitud de arco y masa
- Integrales de línea de campos vectoriales: trabajo y circulación
- Campos conservativos, funciones potencial e independencia de la trayectoria
- Teorema de Green y sus aplicaciones en el plano

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular integrales de línea escalares y vectoriales sobre curvas orientadas [Usar]
2. Determinar si un campo vectorial es conservativo y construir su función potencial [Usar]
3. Aplicar el Teorema de Green para evaluar integrales de línea mediante integrales dobles [Evaluar]

4.1.2. CAN/Integrales Múltiples (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Integración de funciones de varias variables: integrales dobles y triples en coordenadas cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas, con aplicaciones.

Temas:

Core

- Integrales dobles sobre rectángulos y regiones generales; integrales iteradas (teorema de Fubini)
- Integrales dobles en coordenadas polares y fórmula de cambio de variable
- Integrales triples en coordenadas cartesianas y aplicaciones a volumen y masa
- Integrales triples en coordenadas cilíndricas y esféricas
- Aplicaciones: área, volumen, centros de masa y momentos de inercia

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Evaluar integrales dobles y triples sobre regiones generales usando integrales iteradas [Usar]
2. Aplicar cambios de coordenadas en sistemas polares, cilíndricos y esféricos para simplificar integrales múltiples [Usar]
3. Calcular áreas, volúmenes y centros de masa usando integrales múltiples [Evaluar]

4.1.3. CAN/Transformaciones Multivariables (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Funciones vectoriales de variables vectoriales: diferenciabilidad, matriz jacobiana, cambio de variable y los teoremas de la función inversa y de la función implícita.

Temas:

Core

- Transformaciones de $\mathbb{R}^n$ a $\mathbb{R}^m$ y su diferenciabilidad
- Matriz jacobiana y determinante jacobiano
- Cambio de variable en coordenadas polares, cilíndricas y esféricas
- Teorema de la función inversa
- Teorema de la función implícita en contextos multivariables

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir transformaciones entre sistemas de coordenadas usando la matriz jacobiana [Familiarizarse]
2. Calcular el jacobiano y aplicar cambio de variable para evaluar integrales múltiples [Usar]
3. Aplicar los teoremas de la función inversa y de la función implícita para analizar invertibilidad local [Evaluar]

4.1.4. CAN/Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Superficies paramétricas, integrales de superficie escalares y de flujo, rotacional, divergencia y los teoremas fundamentales de Stokes y Gauss.

Temas:

Core

- Superficies paramétricas, plano tangente y área de superficie
- Integrales de superficie de funciones escalares
- Integrales de flujo: integrales de superficie de campos vectoriales
- Teorema de Stokes: relación entre integrales de línea e integrales de superficie
- Teorema de la Divergencia (Gauss): relación entre flujo e integral de volumen

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Parametrizar superficies y evaluar integrales de superficie escalares y de flujo [Usar]
2. Aplicar los Teoremas de Stokes y de la Divergencia para reducir integrales complejas [Evaluar]
3. Relacionar propiedades diferenciales locales (rotacional, divergencia) con el comportamiento global mediante teoremas integrales [Evaluar]

4.1.5. CAN/Funciones Vectoriales de una Variable Real (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Curvas en el espacio como funciones vectoriales de una variable real, incluyendo geometría diferencial de curvas: triedro de Frenet, curvatura y torsión.

Temas:

Core

- Definición, dominio y rango de funciones vectoriales de una variable real
- Límites, continuidad y derivadas de funciones vectoriales
- Longitud de arco y parametrización natural de una curva
- Vectores tangente, normal y binormal; triedro móvil de Frenet
- Curvatura, torsión y fórmulas de Frenet-Serret

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar límites, continuidad y derivadas de funciones vectoriales de una variable real [Familiarizarse]
2. Calcular vectores tangente, normal y binormal y reparametrizar una curva por longitud de arco [Usar]
3. Calcular curvatura y torsión usando las fórmulas de Frenet-Serret [Evaluar]

4.1.6. CAN/Límites y Continuidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Límites y continuidad de funciones de una variable, base para el estudio riguroso del cambio en sistemas de ingeniería.

Temas:

Core

- Límites y continuidad de funciones de una variable

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Interpretar el concepto de límite y continuidad de una función y su relevancia para modelar el comportamiento de sistemas de ingeniería en el entorno de un punto [Familiarizarse]

4.1.7. CAN/Cálculo Diferencial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Derivadas y reglas de diferenciación, con aplicaciones al diseño y la optimización en ingeniería.

Temas:

Core

- Derivadas y reglas de diferenciación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar las reglas de diferenciación para determinar tasas de cambio y optimizar parámetros de diseño en ingeniería [Usar]
2. Formular y resolver problemas de optimización para sistemas de ingeniería usando el cálculo diferencial [Evaluar]

4.1.8. CAN/Cálculo Integral (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El Teorema Fundamental del Cálculo, técnicas de integración y sus aplicaciones a problemas de ingeniería.
Temas:
Core

- El Teorema Fundamental del Cálculo
- Técnicas de integración: sustitución, integración por partes y fracciones parciales
- Aplicaciones de ingeniería de la integración: áreas, volúmenes, centroides y momentos de inercia

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Enunciar y explicar el Teorema Fundamental del Cálculo y sus implicaciones en ingeniería [Familiarizarse]
2. Calcular integrales definidas en problemas de ingeniería como trabajo, presión de fluidos y transferencia de calor [Usar]

4.1.9. CAN/Integrales Impropias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Integrales sobre intervalos no acotados o de funciones no acotadas, y los criterios de convergencia que los ingenieros usan para determinar si tales cantidades (p. ej. impulso total, decaimiento acumulado) son finitas.
Temas:
Core

- Integrales impropias sobre intervalos no acotados
- Integrales impropias de integrandos no acotados (discontinuos)
- Criterios de convergencia y pruebas de comparación para integrales impropias

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Determinar si una integral impropia proveniente de un modelo de ingeniería converge, usando criterios de comparación y otras pruebas de convergencia [Evaluar]
2. Evaluar una integral impropia tomando el límite apropiado, cuando esta converge [Usar]

4.1.10. CAN/Sucesiones, Series y Series de Potencias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Convergencia de sucesiones y series infinitas, y las aproximaciones por series de potencias (Taylor/Maclaurin) que los ingenieros usan para modelar, linealizar y evaluar numéricamente funciones.
Temas:
Core

- Sucesiones y series: criterios de convergencia (razón, raíz, comparación, integral)
- Series de potencias, radio de convergencia y series de Taylor/Maclaurin
- Uso en ingeniería de polinomios de Taylor para linealización y aproximación numérica

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Determinar la convergencia de una serie de potencias y construir una serie de Taylor para una función de ingeniería estándar [Evaluar]
2. Aplicar un polinomio de Taylor para aproximar o linealizar una función de ingeniería [Usar]

4.1.11. CAN/Aplicaciones de la Integral Definida (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Aplicaciones geométricas y físicas de la integral definida: áreas, volúmenes de revolución, longitud de arco y trabajo, como cálculos de ingeniería construidos sobre el cálculo integral.

Temas:

Core

- Área entre curvas integrando respecto a x o y
- Volumen de sólidos de revolución por el método del disco y la arandela
- Volumen de sólidos de revolución por el método de capas cilíndricas
- Trabajo mediante integración (resortes, bombeo de fluidos, cables)

Electivo

- Momentos y centroide de una región plana o sólido

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el volumen de un sólido de revolución usando el método del disco, la arandela o las capas cilíndricas [Usar]
2. Calcular el trabajo realizado por una fuerza variable mediante integración [Usar]

4.1.12. CAN/Geometría en el Espacio (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Vectores en el espacio tridimensional, producto punto y producto cruz, y su aplicación a rectas y planos, base del análisis vectorial en estática y dinámica.

Temas:

Core

- Producto punto y producto cruz: definición, propiedades e interpretación geométrica
- Ecuaciones de rectas y planos en el espacio

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el producto punto y el producto cruz de vectores para resolver problemas de fuerzas y momentos en ingeniería [Usar]
2. Determinar ecuaciones de rectas y planos en el espacio a partir de datos geométricos de un problema de ingeniería [Usar]

4.1.13. CAN/Superficies Cuádricas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Clasificación de superficies cuádricas, usadas para describir geometrías de componentes y superficies en el modelado de ingeniería.

Temas:

Core

- Clasificación de cuádricas (elipsoides, paraboloides, hiperboloides) a partir de su ecuación general

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Clasificar una superficie cuádrica e identificar su geometría para el modelado de componentes de ingeniería [Usar]

4.1.14. CAN/Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Curvas paramétricas y coordenadas polares, usadas para describir trayectorias y geometrías en cinemática y diseño de ingeniería.

Temas:

Core

- Curvas paramétricas y su cálculo diferencial, aplicadas a trayectorias en cinemática
- Coordenadas polares y su conversión a coordenadas cartesianas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la velocidad y aceleración de una trayectoria descrita paramétricamente [Usar]
2. Convertir entre coordenadas polares y cartesianas al modelar geometrías de ingeniería [Usar]

4.1.15. CAN/Cálculo Multivariable y Vectorial (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Cálculo de funciones de varias variables, con énfasis en derivadas parciales, integrales múltiples y teoremas de campos vectoriales esenciales para el análisis de campos en ingeniería.
Temas:
Core

- Derivadas parciales y el vector gradiente
- Integrales múltiples en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas
- Campos vectoriales e integrales de línea y de superficie
- Teoremas integrales: Green, Stokes y Gauss-Ostrogradski
- Aplicaciones al flujo, circulación y campos conservativos en contextos de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular gradientes y derivadas direccionales de campos escalares que describen magnitudes físicas [Usar]
2. Evaluar integrales dobles y triples para calcular volúmenes, masas y centroides de objetos de ingeniería [Usar]
3. Aplicar los teoremas de Stokes y de la Divergencia para relacionar integrales de campo en electromagnetismo y mecánica de fluidos [Evaluar]
4. Determinar si un campo de fuerza vectorial es conservativo y calcular su función potencial [Evaluar]

4.1.16. CAN/Análisis Complejo y Transformaciones Conformes

Estudio de funciones de variable compleja, analiticidad, integración por contorno y transformaciones geométricas con aplicaciones a la teoría de potencial y al análisis de señales.
Temas:
Core

- Funciones holomorfas y ecuaciones de Cauchy-Riemann
- Integración por contorno y el Teorema del Residuo
- Transformaciones conformes y sus aplicaciones en flujo potencial y conducción de calor
- Conexión entre el análisis complejo y las transformadas de Laplace en el análisis de circuitos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Evaluar integrales definidas reales mediante el Teorema del Residuo [Usar]
2. Aplicar transformaciones conformes para transformar problemas de valores de frontera en el análisis de flujo potencial [Evaluar]
3. Explicar las condiciones de analiticidad relevantes para la teoría de potencial en ingeniería [Familiarizarse]
4. Determinar si una función compleja es analítica usando las ecuaciones de Cauchy-Riemann [Usar]

4.1.17. CAN/Análisis Armónico y Series de Fourier

Representación de señales de ingeniería periódicas y aperiódicas como superposición de componentes sinusoidales mediante series y transformadas de Fourier.
Temas:
Core

- Series de Fourier para representación de funciones periódicas
- La transformada de Fourier y sus propiedades en el análisis de señales y sistemas
- Introducción a la teoría de wavelets para el análisis de señales no estacionarias en ingeniería

- Análisis espectral de señales de ingeniería y conceptos de filtrado en frecuencia

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Descomponer señales periódicas en sus componentes de Fourier e interpretar el espectro de frecuencia [Usar]
2. Aplicar la transformada de Fourier para analizar sistemas de ingeniería lineales e invariantes en el tiempo [Usar]
3. Diseñar filtros en el dominio de la frecuencia mediante análisis de Fourier para eliminar ruido de señales de ingeniería [Evaluar]
4. Explicar las condiciones de convergencia de las series de Fourier y sus implicaciones prácticas en ingeniería [Familiarizarse]

4.2. álgebra y Teoría de Números (ANT)

Propiedades estructurales de los sistemas matemáticos, incluyendo sistemas lineales, estructuras algebraicas abstractas y propiedades de los números enteros.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.2.1 Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales (Pág. 138)	1	1
⭐ 4.2.2 Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales (Pág. 138)	1	1
⭐ 4.2.3 Valores Propios y Espacios con Producto Interno (Pág. 139)	1	1

Cuadro 4.2: Lista de KUs del área de álgebra y Teoría de Números.

4.2.1. ANT/Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Factorización de matrices y resolución de sistemas lineales de ingeniería mediante descomposiciones LU, QR, Cholesky y SVD.
Temas:
Core

- Factorizaciones LU, QR y Cholesky para resolver sistemas lineales de ingeniería
- Descomposición en Valores Singulares (SVD) y soluciones de mínimos cuadrados

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Resolver sistemas de ecuaciones lineales provenientes de problemas estructurales, eléctricos y de fluidos en ingeniería [Usar]
2. Aplicar la SVD para resolver sistemas sobredeterminados en ajuste de datos y procesamiento de señales [Usar]

4.2.2. ANT/Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Espacios vectoriales y transformaciones lineales con aplicaciones a cambios de coordenadas en ingeniería.
Temas:
Core

- Espacios vectoriales, subespacios, bases y dimensión
- Transformaciones lineales y sus representaciones matriciales en cambios de coordenadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Formular e interpretar transformaciones de sistemas de coordenadas para problemas de geometría en ingeniería [Evaluar]

4.2.3. ANT/Valores Propios y Espacios con Producto Interno (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Valores propios, diagonalización y espacios con producto interno con aplicaciones al análisis modal de estructuras.

Temas:

Core

- Valores propios, vectores propios y diagonalización con aplicaciones a vibración y estabilidad
- Espacios con producto interior, ortogonalidad y el proceso de Gram-Schmidt

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Realizar la descomposición espectral de matrices simétricas para el análisis modal de estructuras mecánicas [Evaluar]

4.3. Modelado Matemático y Simulación (MMS)

Esta área conecta las matemáticas teóricas con las aplicaciones reales de ingeniería. Se centra en la formulación, análisis y simulación de representaciones matemáticas de sistemas físicos usando ecuaciones diferenciales, teoría de sistemas dinámicos y teoría de control.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.3.1 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (Pág. 139)	1	1
⭐ 4.3.2 Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (Pág. 139)	1	1
⭐ 4.3.3 Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) (Pág. 140)	1	1
⭐ 4.3.4 Dinámica de Fluidos Matemática (Pág. 140)	1	1
⭐ 4.3.5 Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación (Pág. 141)	1	1
4.3.6 Sistemas Dinámicos y Teoría de Bifurcaciones (Pág. 141)	Electivo	
4.3.7 Teoría de Control y Control Óptimo (Pág. 141)	Electivo	

Cuadro 4.3: Lista de KUs del área de Modelado Matemático y Simulación.

4.3.1. MMS/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos para resolver y analizar ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, fundamentales para modelar sistemas simples de ingeniería.

Temas:

Core

- Ecuaciones de primer orden: formas separables, lineales y exactas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]

4.3.2. MMS/Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos para resolver y analizar ecuaciones diferenciales lineales de orden superior, sistemas de EDO y la transformada de Laplace, fundamentales para sistemas mecánicos, eléctricos y térmicos en ingeniería.

Temas:

Core

- Ecuaciones lineales de orden superior con coeficientes constantes
- Sistemas de EDO lineales de primer orden y formulación en espacio de estados
- Método de la transformada de Laplace para resolver EDO de ingeniería con condiciones iniciales

- Modelado de sistemas masa-resorte-amortiguador, circuitos RLC y conducción de calor mediante EDO

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar el método de la transformada de Laplace para resolver EDO lineales de ingeniería con condiciones iniciales [Usar]
2. Modelar un oscilador mecánico amortiguado o un circuito RLC como una EDO lineal de segundo orden [Usar]
3. Analizar la estabilidad y la respuesta transitoria de sistemas de ingeniería descritos por sistemas de EDO [Evaluar]
4. Formular representaciones en espacio de estados para sistemas dinámicos de ingeniería con múltiples variables [Usar]

4.3.3. MMS/Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Ecuaciones con múltiples variables independientes, esenciales para describir transferencia de calor, vibración estructural, propagación de ondas y campos de potencial en ingeniería.
Temas:
Core

- Separación de variables para ecuaciones de calor y de onda en geometrías de ingeniería
- Métodos de la transformada de Laplace para problemas de valores iniciales y de frontera
- Clasificación de EDP: tipos elíptico, parabólico e hiperbólico y su significado físico en ingeniería
- Formulación e interpretación física de condiciones de frontera en problemas de ingeniería

Non Core

- Funciones de Green y problemas de valores de frontera para análisis avanzado en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar separación de variables para resolver las ecuaciones 1D de conducción de calor y de onda [Usar]
2. Clasificar una EDP dada y seleccionar el enfoque analítico o numérico apropiado para ingeniería [Evaluar]
3. Formular condiciones de frontera para un problema de transferencia de calor o análisis de tensiones [Evaluar]
4. Derivar la EDP gobernante para la conducción de calor en estado estacionario usando la Ley de Fourier [Usar]

4.3.4. MMS/Dinámica de Fluidos Matemática (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Mecánica del continuo, ecuaciones de Euler y Navier-Stokes, vorticidad, flujo potencial y modelado de turbulencia.
Temas:
Non Core

- Hipótesis del continuo, derivada material y teorema del transporte de Reynolds
- Ecuaciones de Euler para flujo no viscoso: forma conservativa, vorticidad y flujo potencial
- Ecuaciones de Navier-Stokes: deducción, soluciones exactas y análisis dimensional
- Teoría de la capa límite: ecuaciones de Prandtl y solución de Blasius
- Turbulencia: promediado de Reynolds, modelo k-ε y simulación numérica directa

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
NonCore:

1. Derivar las ecuaciones de Navier-Stokes a partir de principios de conservación e identificar el significado físico de cada término [Familiarizarse]
2. Analizar flujos no viscosos usando las ecuaciones de Euler y aplicar el principio de Bernoulli [Usar]

3. Aplicar la teoría de la capa límite para estimar el arrastre sobre una placa plana y comparar con la solución de Blasius [Evaluar]

4.3.5. MMS/Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Expansiones asintóticas, teoría de perturbación regular y singular, capas límite y escalas múltiples, para modelos de ingeniería con un parámetro pequeño.

Temas:

Non Core

- Expansiones asintóticas y los símbolos de orden de Landau (O, o, $\sim$)
- Teoría de perturbación regular para ecuaciones algebraicas y EDOs
- Teoría de perturbación singular y expansiones asintóticas acopladas (capas límite)
- Método de escalas múltiples y la aproximación WKB

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

NonCore:

1. Construir una expansión de perturbación regular para una EDO con un parámetro pequeño [Familiarizarse]
2. Aplicar expansiones asintóticas acopladas para resolver problemas de perturbación singular con capas límite [Usar]

4.3.6. MMS/Sistemas Dinámicos y Teoría de Bifurcaciones

Comportamiento a largo plazo de sistemas de ingeniería modelados como ecuaciones diferenciales autónomas, con énfasis en estabilidad, ciclos límite y comportamiento dependiente de parámetros.

Temas:

Core

- Retratos de fase y linealización de sistemas de ingeniería no lineales
- Estabilidad de puntos de equilibrio mediante análisis de valores propios y métodos de Lyapunov
- Ciclos límite y oscilaciones autosostenidas en sistemas mecánicos y eléctricos

Non Core

- Análisis de bifurcaciones y sensibilidad paramétrica en sistemas de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Trazar retratos de fase para sistemas de ingeniería no lineales bidimensionales [Usar]
2. Clasificar la estabilidad de los puntos de equilibrio de un sistema de ingeniería linealizado [Evaluar]
3. Aplicar el método directo de Lyapunov para evaluar la estabilidad de un sistema de control no lineal [Usar]

NonCore:

4. Identificar puntos de bifurcación y predecir cambios de comportamiento bajo variación de parámetros de ingeniería [Evaluar]

4.3.7. MMS/Teoría de Control y Control Óptimo

Marco matemático para diseñar sistemas de retroalimentación que regulen el comportamiento dinámico de procesos y máquinas de ingeniería.

Temas:

Core

- Control por retroalimentación, controladores PID y análisis de estabilidad en lazo cerrado
- Funciones de transferencia, respuesta en frecuencia y diagramas de Bode
- Representación en espacio de estados, controlabilidad y observabilidad
- Técnica del lugar geométrico de las raíces y métodos de diseño en el dominio de la frecuencia

Non Core

- Principio del Máximo de Pontryagin para control óptimo en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar un controlador PID para una planta de ingeniería dada y evaluar la estabilidad en lazo cerrado [Usar]
2. Evaluar la controlabilidad y observabilidad de un modelo en espacio de estados [Evaluar]
3. Construir diagramas de Bode y aplicar criterios en el dominio de la frecuencia para la evaluación de estabilidad [Usar]
4. Analizar el lugar de las raíces de un sistema de retroalimentación para determinar la ganancia que produce la respuesta transitoria deseada [Evaluar]

4.4. Probabilidad y Estadística (PST)

Esta área cubre el modelado matemático de la incertidumbre y el análisis de datos de ingeniería. Abarca desde los fundamentos axiomáticos de la probabilidad hasta métodos de inferencia estadística esenciales para el control de calidad, la ingeniería de confiabilidad y el diseño basado en datos.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.4.1 Estadística Matemática y Teoría de Estimación (Pág. 142)	1	1
⭐ 4.4.2 Análisis de Series Temporales (Pág. 142)	1	1
4.4.3 Axiomas de Probabilidad y Variables Aleatorias (Pág. 143)	Electivo	
4.4.4 Procesos Estocásticos y Cadenas de Markov (Pág. 143)	Electivo	

Cuadro 4.4: Lista de KUs del área de Probabilidad y Estadística.

4.4.1. PST/Estadística Matemática y Teoría de Estimación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos rigurosos para estimar parámetros poblacionales a partir de datos muestrales en experimentos de ingeniería y control de calidad.
Temas:
Core

- Estimación puntual: Método de Momentos y Estimación de Máxima Verosimilitud
- Construcción e interpretación de intervalos de confianza en pruebas de ingeniería
- Prueba de hipótesis para control de calidad y validación de procesos en ingeniería
- Regresión lineal y no lineal para ajuste de datos de ingeniería
- Introducción al Diseño de Experimentos (DoE) para la optimización en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar estimadores de máxima verosimilitud para parámetros de modelos de falla en ingeniería [Usar]
2. Verificar la significancia estadística de los resultados de pruebas de ingeniería mediante pruebas de hipótesis [Evaluar]
3. Construir intervalos de confianza para parámetros clave de procesos a partir de datos experimentales [Usar]
4. Aplicar regresión lineal para modelar y predecir el desempeño de ingeniería a partir de datos medidos [Evaluar]

4.4.2. PST/Análisis de Series Temporales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Procesos estacionarios, modelos ARMA, análisis espectral, modelos de espacio de estados y predicción.
Temas:
Core

- Estacionariedad, función de autocovarianza y función de autocorrelación (ACF)
- Modelos ARMA: identificación, estimación (Yule-Walker, MLE) y diagnóstico

- Densidad espectral, el periodograma y el teorema de Wiener-Khinchin
- Modelos de espacio de estados y el filtro de Kalman
- Modelos ARIMA, ajuste estacional y predicción a múltiples pasos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar la estacionariedad y determinar el orden de un modelo ARMA a partir de gráficos ACF y PACF [Familiarizarse]
2. Ajustar modelos ARIMA a datos de series temporales, validar residuos y producir predicciones [Usar]
3. Aplicar el filtro de Kalman para estimar estados ocultos en un modelo lineal gaussiano de espacio de estados [Evaluar]

4.4.3. PST/Axiomas de Probabilidad y Variables Aleatorias

Fundamentos de la teoría de probabilidades con aplicaciones en confiabilidad de ingeniería y cuantificación de incertidumbre.
Temas:
Core

- Espacios muestrales, eventos y los axiomas de Kolmogorov
- Variables aleatorias discretas y continuas y sus funciones de distribución
- Esperanza, varianza y momentos de variables aleatorias de ingeniería
- Distribuciones de ingeniería comunes: Normal, Exponencial, Poisson y Weibull
- Distribuciones conjuntas, covarianza y distribución normal multivariada

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular probabilidades para distribuciones discretas y continuas relevantes en ingeniería de confiabilidad [Usar]
2. Calcular la media, varianza y desviación estándar de variables aleatorias que describen magnitudes de ingeniería [Usar]
3. Evaluar la función de densidad de probabilidad de variables aleatorias transformadas y aplicarla al análisis de fallas [Evaluar]
4. Modelar incertidumbres multivariadas de ingeniería usando distribuciones de probabilidad conjunta [Usar]

4.4.4. PST/Procesos Estocásticos y Cadenas de Markov

Modelos para sistemas de ingeniería que evolucionan aleatoriamente en el tiempo, incluyendo modelos de colas, confiabilidad y ruido en señales.
Temas:
Core

- Cadenas de Markov en tiempo discreto, matrices de transición y análisis de estado estacionario
- Procesos de Poisson y su aplicación en confiabilidad e ingeniería de colas
- Estacionariedad y ergodicidad en señales aleatorias de ingeniería

Non Core

- Movimiento Browniano y su aplicación en vibración e ingeniería financiera

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular distribuciones estacionarias para modelos de cadenas de Markov de estados de sistemas de ingeniería [Evaluar]
2. Modelar procesos de llegada en sistemas de colas usando la distribución de Poisson [Usar]
3. Explicar el concepto de densidad espectral de potencia para señales aleatorias estacionarias en ingeniería [Familiarizarse]

NonCore:

4. Simular un modelo simple de movimiento Browniano e interpretar el crecimiento de su varianza en el tiempo [Usar]

4.5. Análisis Numérico y Científico (NSA)

Esta área se centra en los algoritmos computacionales para obtener soluciones numéricas a problemas matemáticos de ingeniería. Cubre análisis de errores, álgebra lineal numérica y métodos para resolver ecuaciones diferenciales mediante discretización.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.5.1 Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (Pág. 144)	1	1
⭐ 4.5.2 álgebra Lineal Numérica (Pág. 144)	1	1
⭐ 4.5.3 Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (Pág. 145)	1	1
⭐ 4.5.4 Teoría de Aproximación e Interpolación (Pág. 145)	1	1
⭐ 4.5.5 Integración Numérica y Cuadratura (Pág. 145)	1	1
⭐ 4.5.6 Métodos Numéricos para EDO y EDP (Pág. 146)	1	1
⭐ 4.5.7 Método de Elementos Finitos (Pág. 146)	1	1
⭐ 4.5.8 Algoritmos de Optimización (Pág. 147)	1	1
⭐ 4.5.9 Computación Paralela y de Alto Rendimiento (Pág. 147)	1	1

Cuadro 4.5: Lista de KUs del área de Análisis Numérico y Científico.

4.5.1. NSA/Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estudio del origen y propagación de errores numéricos en computaciones de ingeniería, y estrategias para controlarlos.

Temas:

Core

- Representación en punto flotante y errores de redondeo en software de ingeniería
- Condicionamiento de problemas de ingeniería y estabilidad de algoritmos numéricos
- Error de truncamiento en aproximaciones en serie y en esquemas de diferencias finitas
- Propagación de errores a través de cadenas de cálculos en simulaciones de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar las fuentes y consecuencias de los errores de redondeo y truncamiento en computaciones de ingeniería [Familiarizarse]
2. Calcular el número de condición de un sistema lineal e interpretar su efecto sobre la precisión de la solución [Evaluar]
3. Estimar la propagación de incertidumbres de medición a través de una cadena de cálculos de ingeniería [Usar]
4. Seleccionar métodos numéricos con propiedades de estabilidad adecuadas para los requerimientos de simulación en ingeniería [Evaluar]

4.5.2. NSA/álgebra Lineal Numérica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Algoritmos numéricos eficientes para resolver grandes sistemas lineales y problemas de valores propios en ingeniería estructural, de fluidos y electromagnética.

Temas:

Core

- Factorizaciones LU y QR para resolver sistemas lineales de ingeniería
- Solvers iterativos: Jacobi, Gauss-Seidel y Gradiente Conjugado para sistemas dispersos de gran escala
- Descomposición en Valores Singulares (SVD) para ajuste de datos y reducción de modelos
- Formatos de almacenamiento de matrices dispersas y solvers eficientes para sistemas FEM/FVM de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Resolver sistemas lineales de ingeniería usando descomposición LU con pivoteo parcial [Usar]

2. Analizar la tasa de convergencia de solvers iterativos aplicados a matrices de rigidez de ingeniería [Evaluar]
3. Implementar un solver de Gradiente Conjugado para un sistema de ingeniería simétrico y definido positivo de gran escala [Usar]
4. Aplicar SVD para comprimir un conjunto de formas modales estructurales y evaluar la calidad de la aproximación [Evaluar]

4.5.3. NSA/Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos iterativos para aproximar raíces de ecuaciones no lineales de ingeniería y análisis de su convergencia.

Temas:

Core

- Métodos de acotamiento: bisección y falsa posición
- Método de Newton-Raphson y método de la secante
- Orden de convergencia y criterios de parada en métodos iterativos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el fundamento y las garantías de convergencia de los métodos de bisección y falsa posición [Familiarizarse]
2. Aplicar el método de Newton-Raphson y el método de la secante para aproximar raíces de ecuaciones de ingeniería [Usar]
3. Comparar el orden de convergencia de distintos métodos iterativos y seleccionar el más apropiado según el problema [Evaluar]

4.5.4. NSA/Teoría de Aproximación e Interpolación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Interpolación polinomial y por splines, mejor aproximación, polinomios de Chebyshev y aproximación racional.

Temas:

Core

- Interpolación polinomial: Lagrange, diferencias divididas de Newton y fenómeno de Runge
- Interpolación por splines: splines cúbicos, B-splines y métodos de funciones polinómicas a trozos
- Mejor aproximación en espacios normados: Chebyshev (minimax) y mínimos cuadrados
- Polinomios de Chebyshev: propiedades, ortogonalidad y convergencia espectral
- Aproximación trigonométrica y transformada rápida de Fourier (FFT)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el fenómeno de Runge y justificar la elección de nodos de Chebyshev para mitigarlo [Familiarizarse]
2. Construir interpolantes por splines cúbicos y de Chebyshev para datos dados y estimar el error de interpolación [Usar]
3. Aplicar la FFT para calcular eficientemente aproximaciones trigonométricas de una función muestreada [Evaluar]

4.5.5. NSA/Integración Numérica y Cuadratura (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Reglas de cuadratura, integración adaptativa, cuadratura gaussiana e integración multidimensional.

Temas:

Core

- Reglas de Newton-Cotes: trapezoidal, Simpson y reglas compuestas; análisis de error
- Cuadratura adaptativa y control automático del error

- Cuadratura gaussiana: nodos y pesos óptimos, conexión con polinomios ortogonales
- Tratamiento numérico de integrales impropias y singulares
- Integración de Monte Carlo y métodos cuasi-Monte Carlo para integrales de alta dimensión

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar la fórmula de error para la regla compuesta de Simpson e identificar su orden de precisión [Familiarizarse]
2. Seleccionar y aplicar una regla de cuadratura apropiada (Gaussiana, adaptativa) según la regularidad del integrando [Usar]
3. Aplicar integración de Monte Carlo para estimar integrales de alta dimensión y cuantificar el error estadístico [Evaluar]

4.5.6. NSA/Métodos Numéricos para EDO y EDP (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Solución de ecuaciones diferenciales que gobiernan sistemas de ingeniería mediante métodos de avance temporal y discretización espacial.

Temas:
Core

- Métodos de Runge-Kutta y paso adaptativo para problemas de EDO en ingeniería
- Análisis de estabilidad y rigidez en integradores numéricos de EDO de ingeniería
- Discretización por diferencias finitas de EDP de ingeniería (ecuación de calor, ecuación de Laplace)

Non Core

- Elementos finitos y métodos de disparo para problemas de valores de frontera en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Implementar un integrador Runge-Kutta de cuarto orden para un problema de vibración mecánica [Usar]
2. Determinar la región de estabilidad absoluta de un esquema explícito de avance temporal [Evaluar]
3. Discretizar la ecuación de calor 2D usando diferencias finitas y plantear el sistema lineal resultante [Usar]

NonCore:

4. Comparar los enfoques de diferencias finitas y elementos finitos para resolver una EDP de ingeniería [Evaluar]

4.5.7. NSA/Método de Elementos Finitos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Formulación variacional, métodos de Galerkin, espacios de elementos finitos, estimaciones de error y aplicaciones a EDPs elípticas.

Temas:
Core

- Formulación débil (variacional) de problemas de valor en la frontera y espacios de Sobolev
- Método de Galerkin: espacios de aproximación de dimensión finita y matriz de rigidez
- Espacios de elementos finitos triangulares y cuadriláteros: elementos de Lagrange y conformidad
- Estimaciones de error a priori: lema de Céa y cotas de error de interpolación

Non Core

- Estimaciones de error a posteriori y refinamiento adaptativo de malla

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar la formulación débil de un PVE elíptico y mostrar su equivalencia con la forma fuerte [Familiarizarse]
2. Ensamblar la matriz de rigidez global y el vector de carga para una discretización lineal por elementos finitos [Usar]

3. Estimar el error en H^1 de una solución por elementos finitos usando el lema de Céa y la teoría de interpolación [Evaluar]

4.5.8. NSA/Algoritmos de Optimización (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos de gradiente, métodos de Newton y cuasi-Newton, optimización con restricciones y algoritmos de optimización convexa.

Temas:

Core

- Descenso por gradiente y métodos de búsqueda lineal: condiciones de Armijo-Wolfe y tasas de convergencia
- Método de Newton y métodos cuasi-Newton (BFGS, L-BFGS)
- Optimización con restricciones: condiciones KKT, métodos de penalización y programación cuadrática secuencial
- Algoritmos de optimización convexa: métodos de punto interior y método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM)
- Descenso de gradiente estocástico (SGD), reducción de varianza y optimizador Adam

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar las garantías de convergencia del descenso por gradiente para funciones convexas suaves [Familiarizarse]
2. Aplicar los métodos de Newton y cuasi-Newton a problemas de optimización sin restricciones [Usar]
3. Formular un problema de optimización con restricciones como un sistema KKT y aplicar un método de punto interior [Evaluar]

4.5.9. NSA/Computación Paralela y de Alto Rendimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Arquitecturas paralelas, modelos de rendimiento, algoritmos paralelos para álgebra lineal y computación con GPUs.

Temas:

Core

- Arquitecturas paralelas: memoria compartida (OpenMP), memoria distribuida (MPI) y GPU (CUDA)
- Modelos de rendimiento: ley de Amdahl, modelo de línea techada y complejidad de comunicación
- Algoritmos paralelos para álgebra lineal densa y dispersa (ScaLAPACK, PETSc)
- Descomposición de dominio y solucionadores paralelos de EDPs

Non Core

- Diferenciación automática (modo directo y reverso) y su rol en ML científico

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar la ley de Amdahl e identificar los cuellos de botella que limitan la aceleración paralela en un algoritmo dado [Familiarizarse]
2. Implementar una rutina paralela de álgebra lineal usando MPI o OpenMP y medir la eficiencia paralela [Usar]

NonCore:

3. Aplicar diferenciación automática para calcular gradientes de funciones científicas complejas con fines de optimización [Evaluar]

4.6. Fundamentos Matemáticos de la Ciencia de Datos (FDS)

Esta área proporciona los fundamentos matemáticos formales para extraer conocimiento de datos de ingeniería, combinando teoría de la información, optimización y aprendizaje estadístico relevante para sistemas de sensores, comunicación e ingeniería basada en datos.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
4.6.1 Teoría de la Información y Entropía (Pág. 148)	Electivo	

Cuadro 4.6: Lista de KUs del área de Fundamentos Matemáticos de la Ciencia de Datos.

4.6.1. FDS/Teoría de la Información y Entropía

Cuantificación de la información, redundancia e incertidumbre en señales y sistemas de comunicación de ingeniería.

Temas:

Core

- Entropía de Shannon e información mutua para fuentes de datos de ingeniería
- Divergencia de Kullback-Leibler y entropía relativa en comparación de modelos de ingeniería
- Capacidad de canal y el teorema de Shannon-Hartley para sistemas de comunicación en ingeniería
- Límites de compresión sin pérdida y codificación de Huffman para datos de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la entropía de distribuciones de probabilidad discretas que representan salidas de sensores de ingeniería [Usar]
2. Minimizar la función de pérdida de entropía cruzada como objetivo de diseño en tareas de clasificación de sensores [Evaluar]
3. Explicar el concepto de capacidad de canal y su importancia en el diseño de sistemas de comunicación de ingeniería [Familiarizarse]
4. Aplicar medidas de teoría de la información para evaluar la calidad de flujos de datos de ingeniería [Usar]

4.7. Matemáticas Discretas y Combinatoria (DMC)

Esta área cubre las matemáticas de estructuras finitas y numerables, incluyendo la enumeración combinatoria, la teoría de grafos, la optimización discreta y los fundamentos lógicos de las matemáticas. Sustenta la informática teórica, la investigación de operaciones y la ciencia de datos moderna.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.7.1 Teoría de Grafos (Pág. 148)	1	1

Cuadro 4.7: Lista de KUs del área de Matemáticas Discretas y Combinatoria.

4.7.1. DMC/Teoría de Grafos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estructura y propiedades de grafos: conectividad, coloraciones, emparejamientos, planaridad y teoría espectral de grafos.

Temas:

Core

- Grafos: definiciones, isomorfismo, sucesiones de grados, árboles y árboles generadores
- Conectividad, teorema de Menger y flujos en redes (flujo máximo-corte mínimo)
- Emparejamientos (teorema de Hall), coloraciones de grafos y el polinomio cromático
- Grafos planares, fórmula de Euler, teorema de Kuratowski y el teorema de los cuatro colores
- Matrices de adyacencia y laplaciana, valores propios y grafos expandidores

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar propiedades estructurales de grafos (conectividad, planaridad, bipartitud) y aplicar la fórmula de Euler [Familiarizarse]
2. Aplicar el teorema de matrimonio de Hall y algoritmos de flujo en redes a problemas de emparejamiento y enrutamiento [Usar]

3. Analizar el espectro de un grafo para acotar su número cromático y sus propiedades de conectividad [Evaluar]

4.8. Biología Matemática y Ciencias de la Vida (MBL)

Esta área cubre la aplicación de métodos matemáticos a sistemas biológicos, abarcando dinámica de poblaciones, epidemiología, biología de sistemas, bioinformática y neurociencia computacional, con énfasis en modelos basados en datos experimentales modernos.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.8.1 Dinámica de Poblaciones (Pág. 149)	1	1

Cuadro 4.8: Lista de KUs del área de Biología Matemática y Ciencias de la Vida.

4.8.1. MBL/Dinámica de Poblaciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Modelos matemáticos de poblaciones simples e interactuantes: crecimiento logístico, sistemas de Lotka-Volterra, ecología espacial y dinámica evolutiva.

Temas:

Core

- Modelos de crecimiento exponencial y logístico; capacidad de carga y efecto Allee
- Modelos depredador-presa y de competición de Lotka-Volterra; equilibrios y análisis de estabilidad
- Modelos estructurados por edad: matrices de Leslie y ecuación de Euler-Lotka
- Modelos de reacción-difusión y ondas viajeras en ecología espacial (ecuación de Fisher-KPP)
- Dinámica evolutiva: ecuaciones de replicador, teoría de juegos y ecuación de Price

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Analizar la estabilidad de los equilibrios en sistemas de Lotka-Volterra mediante linealización y retratos de fase [Familiarizarse]
2. Construir modelos de población estructurados por edad usando matrices de Leslie y calcular tasas de crecimiento a largo plazo [Usar]
3. Aplicar la teoría de reacción-difusión para modelar la propagación espacial de una especie invasora usando la ecuación de Fisher-KPP [Evaluar]

4.9. Matemáticas Financieras y Actuariales (FAM)

Esta área cubre los fundamentos matemáticos de las finanzas y la ciencia actuarial, desde la teoría del interés y el arbitraje hasta modelos estocásticos para derivados, medición de riesgos, tablas de mortalidad actuariales y métodos computacionales en finanzas cuantitativas.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.9.1 Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (Pág. 149)	1	1

Cuadro 4.9: Lista de KUs del área de Matemáticas Financieras y Actuariales.

4.9.1. FAM/Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Valor del dinero en el tiempo, interés compuesto, anualidades, curvas de rendimiento, valoración de bonos y estrategias de inmunización.

Temas:

Core

- Interés compuesto: funciones de acumulación, tasas efectivas y nominales, y fuerza de interés

- Anualidades vencidas y anticipadas: valores actuales y acumulados, perpetuidades
- Valoración de bonos: relación precio-rendimiento, duración, convexidad y planes de amortización

- Curvas de rendimiento: tasas spot, tasas forward y métodos de bootstrap para la estructura de plazos
- Inmunización de carteras: condiciones de Redington y emparejamiento de flujos de efectivo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular el valor actual y el valor acumulado de anualidades bajo varios supuestos de tasa de interés [Familiarizarse]
2. Valorar bonos usando la relación precio-rendimiento y calcular la duración y convexidad para la sensibilidad a la tasa de interés [Usar]
3. Construir una cartera que satisfaga las condiciones de inmunización de Redington frente a desplazamientos paralelos de la curva de rendimiento [Evaluar]

4.10. Mecánica Clásica (CME)

La Mecánica Clásica proporciona los principios fundamentales que gobiernan el movimiento de objetos macroscópicos, desde partículas hasta cuerpos rígidos y medios continuos. Abarca la dinámica newtoniana, leyes de conservación, formalismos lagrangiano y hamiltoniano, y sistemas oscilatorios.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.10.1 Cinemática y Dinámica de Partículas (Pág. 150)	1	1
⭐ 4.10.2 Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas (Pág. 151)	1	1
⭐ 4.10.3 Movimiento Rotacional y Momento Angular (Pág. 151)	1	1
⭐ 4.10.4 Sistemas de Partículas y Momento Lineal (Pág. 152)	1	1
⭐ 4.10.5 Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (Pág. 152)	1	1
⭐ 4.10.6 Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (Pág. 153)	1	1
⭐ 4.10.7 Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (Pág. 153)	1	1
⭐ 4.10.8 Elasticidad (Pág. 154)	1	1
⭐ 4.10.9 Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad (Pág. 154)	1	1
⭐ 4.10.10 Vibraciones y Ondas (Pág. 155)	1	1
⭐ 4.10.11 Teoría de Pequeñas Oscilaciones y Osciladores Acoplados (Pág. 155)	1	1
⭐ 4.10.12 Fenómeno de Transporte (Pág. 156)	1	1

Cuadro 4.10: Lista de KUs del área de Mecánica Clásica.

4.10.1. CME/Cinemática y Dinámica de Partículas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Descripción matemática del movimiento y estudio de las fuerzas que lo causan o modifican para partículas puntuales, base del análisis mecánico y estructural en ingeniería.
Temas:
Core

- Descripción vectorial de posición, velocidad y aceleración en coordenadas cartesianas, polares y esféricas
- Las tres leyes de movimiento de Newton y los marcos de referencia inerciales
- Formulación y solución de ecuaciones de movimiento para fuerzas constantes y variables
- Fuerzas de fricción estática y cinética, incluyendo el ángulo de reposo
- Integración numérica de ecuaciones de movimiento para problemas de dinámica en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Formular las ecuaciones de movimiento de una partícula en una, dos y tres dimensiones dada una ley de fuerza [Usar]

2. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre una partícula y dibujar un diagrama de cuerpo libre correcto [Familiarizarse]
3. Calcular la velocidad terminal de un objeto que cae a través de un fluido con resistencia por arrastre [Evaluar]
4. Implementar un algoritmo numérico para simular la dinámica de un sistema mecánico de ingeniería [Usar]
5. Construir e interpretar diagramas de espacio de fase para sistemas oscilatorios de ingeniería [Evaluar]

4.10.2. CME/Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Conceptos energéticos en mecánica: teorema trabajo-energía, energía cinética y potencial, conservación de la energía mecánica y propiedades de los campos de fuerzas conservativas.

Temas:

Core

- Definición del trabajo como integral de línea $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$
- Teorema trabajo-energía: $W_{total} = \Delta K$
- Función de energía potencial y la relación $\vec{F} = -\nabla U$
- Conservación de la energía mecánica total $E = K + U$ en sistemas de ingeniería
- Diagramas de energía, puntos de retorno y estabilidad del equilibrio
- Trabajo realizado por fuerzas no conservativas y disipación de energía en sistemas mecánicos de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el trabajo realizado por una fuerza a lo largo de una trayectoria de ingeniería especificada [Usar]
2. Aplicar la conservación de la energía mecánica para encontrar velocidades y posiciones en la dinámica de ingeniería [Usar]
3. Analizar un diagrama de energía para identificar posiciones de equilibrio y estabilidad [Evaluar]
4. Estimar la energía disipada por fricción y amortiguamiento en sistemas mecánicos de ingeniería [Evaluar]

4.10.3. CME/Movimiento Rotacional y Momento Angular (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Cinemática y dinámica rotacional, torque, momento de inercia, energía rotacional y conservación del momento angular para máquinas y estructuras de ingeniería.

Temas:

Core

- Cinemática rotacional: desplazamiento angular, velocidad y aceleración
- Torque: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ y su cálculo en aplicaciones de ingeniería
- Momento de inercia $I = \sum m_i r_i^2$ y el teorema de Steiner
- Energía cinética rotacional: $K_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2$
- Conservación del momento angular en máquinas y estructuras rotantes de ingeniería
- Dinámica de rodadura sin deslizamiento y aplicaciones a ruedas y ejes de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el torque respecto a un eje dado en un sistema de transmisión de potencia de ingeniería [Usar]
2. Determinar el momento de inercia de componentes de máquinas como varillas, discos y ejes [Usar]
3. Aplicar la conservación del momento angular para analizar cambios de velocidad en sistemas de ingeniería rotantes [Evaluar]
4. Analizar el movimiento combinado de traslación y rotación en sistemas de ingeniería con ruedas [Evaluar]

4.10.4. CME/Sistemas de Partículas y Momento Lineal (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Dinámica de sistemas multiparticulares: movimiento del centro de masa, conservación del momento lineal y mecánica de colisiones relevante para impactos estructurales y maquinaria.

Temas:

Core

- Definición y cálculo del centro de masa para sistemas de partículas y cuerpos distribuidos
- Momento lineal de una partícula y del sistema: $\vec{P} = M\vec{V}_{CM}$
- Conservación del momento lineal para sistemas de ingeniería aislados
- Colisiones entre dos cuerpos: elásticas, inelásticas y coeficiente de restitución
- Sistemas de masa variable como cohetes y cintas transportadoras en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Localizar el centro de masa de sistemas de partículas y objetos de ingeniería de distribución continua [Usar]
2. Aplicar la conservación del momento lineal para analizar problemas de impacto y colisión en ingeniería [Usar]
3. Clasificar colisiones como elásticas o inelásticas y determinar la pérdida de energía cinética [Familiarizarse]
4. Resolver ecuaciones de sistemas de masa variable para determinar la ganancia de velocidad en problemas de propulsión [Usar]

4.10.5. CME/Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Física en marcos de referencia acelerados: fuerzas centrífuga, de Coriolis y de Euler, con aplicaciones a la rotación de la Tierra.

Temas:

Core

- Transformaciones entre marcos de referencia inerciales y acelerados
- Fuerza centrífuga definida como $F_{cent} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$
- Fuerza de Coriolis definida como $F_{Cor} = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$
- Fuerza de Euler para rotación no constante: $F_{Euler} = -m\frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r}'$
- Gravedad efectiva en la Tierra en rotación: $g_{eff} = g - \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R})$
- Péndulo de Foucault como demostración de la rotación de la Tierra
- Efecto Coriolis en los patrones climáticos globales y las corrientes oceánicas

Electivo

- Precesión de Larmor en campos magnéticos vista como un efecto de marco rotatorio
- Fuerzas de marea como efectos gravitatorios diferenciales en marcos co-rotatorios
- Conexión con el principio de equivalencia de la Relatividad General

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Transformar la segunda ley de Newton a un marco de referencia uniformemente rotatorio [Usar]
2. Calcular las fuerzas centrífuga y de Coriolis para posiciones y velocidades dadas en un marco rotatorio [Usar]
3. Predecir la dirección de desviación de los proyectiles debido a la rotación de la Tierra mediante el efecto Coriolis [Evaluar]
4. Explicar la precesión de un péndulo de Foucault en términos de la rotación de la Tierra [Familiarizarse]
5. Calcular la aceleración gravitatoria efectiva en diferentes latitudes de la Tierra [Usar]

Elective:

6. Analizar la precesión de Larmor utilizando el concepto de marcos de referencia rotatorios [Evaluar]
7. Comparar las fuerzas de marea con las fuerzas centrífugas en sistemas co-rotatorios [Evaluar]

4.10.6. CME/Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Formulaciones avanzadas de la mecánica: principio de mínima acción, formulación lagrangiana, mecánica hamiltoniana y transformaciones canónicas.

Temas:

Core

- Principio de mínima acción y principio de acción estacionaria de Hamilton
- Definición de Lagrangiano: $L = T - V$ para sistemas conservativos
- Ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right) = \frac{\partial L}{\partial q_i}$
- Coordenadas generalizadas y el tratamiento de restricciones holonómicas
- Coordenadas cíclicas y las leyes de conservación asociadas
- Transformada de Legendre del Lagrangiano al Hamiltoniano: $H = \sum p_i \dot{q}_i - L$
- Ecuaciones de Hamilton: $\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}$ y $\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$

Electivo

- Paréntesis de Poisson: $\{f, g\} = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial q_i}\frac{\partial g}{\partial p_i} - \frac{\partial f}{\partial p_i}\frac{\partial g}{\partial q_i}\right)$
- Transformaciones canónicas y sus funciones generatrices
- Variables de acción-ángulo para sistemas hamiltonianos periódicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Construir el Lagrangiano para sistemas mecánicos simples en coordenadas generalizadas adecuadas [Usar]
2. Deducir las ecuaciones de movimiento a partir de las ecuaciones de Euler-Lagrange [Usar]
3. Identificar coordenadas cíclicas y sus magnitudes conservadas asociadas en un Lagrangiano dado [Evaluar]
4. Formular el Hamiltoniano a partir de un sistema lagrangiano dado [Usar]
5. Resolver las ecuaciones de Hamilton para sistemas simples como el oscilador armónico [Usar]

Elective:

6. Calcular los paréntesis de Poisson para pares de variables dinámicas [Usar]
7. Aplicar transformaciones canónicas para simplificar la descripción de sistemas hamiltonianos [Usar]

4.10.7. CME/Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Introducción a los medios continuos: tensores de tensión y deformación, elasticidad, mecánica de fluidos y leyes de conservación.

Temas:

Electivo

- Hipótesis del continuo y definición de campos de densidad
- Tensor de tensión σ_{ij} y el concepto de fuerza por unidad de área
- Tensor de deformación ϵ_{ij} como medida de la deformación local
- Ley de Hooke para materiales isotrópicos: $\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \epsilon_{ij}$
- Ecuación de Navier-Stokes para fluidos viscosos: $\rho\left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v}\right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \vec{f}$
- Principio de Bernoulli para flujo de fluidos no viscosos e incompresibles
- Conservación de la masa y la ecuación de continuidad: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0$
- Conservación del momento expresada en forma de mecánica de medios continuos
- Propagación de ondas en medios elásticos incluyendo ondas P y ondas S
- Viscosidad y reología de fluidos no Newtonianos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Elective:

1. Interpretar el significado físico de las componentes del tensor de tensión [Familiarizarse]
2. Calcular las componentes del tensor de deformación para deformaciones simples [Usar]
3. Aplicar la ley de Hooke para relacionar tensión y deformación en materiales elásticos isotrópicos [Usar]

4. Simplificar la ecuación de Navier-Stokes para casos especiales como flujo estacionario o no viscoso [Usar]
5. Aplicar el principio de Bernoulli para calcular variaciones de presión en el flujo de fluidos [Usar]
6. Deducir la ecuación de continuidad a partir del principio de conservación de la masa [Usar]
7. Analizar diferentes modos de propagación de ondas en sólidos elásticos [Evaluar]

4.10.8. CME/Elasticidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propiedades elásticas de sólidos bajo carga axial, de corte y volumétrica: esfuerzo, deformación unitaria y módulos elásticos escalares.

Temas:

Core

- Definición de esfuerzo (fuerza/área) y deformación unitaria ($\Delta L/L$)
- Módulo de Young y ley de Hooke para deformación longitudinal: $\sigma = E\epsilon$
- Módulo de corte (rigidez) y deformación por cizalladura
- Módulo de volumen (compresibilidad) y deformación volumétrica
- Límite elástico, región plástica y punto de ruptura en el diagrama esfuerzo-deformación

Electivo

- Energía elástica almacenada en un material deformado

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar la ley de Hooke escalar para calcular la deformación de una barra bajo carga axial [Usar]
2. Calcular el módulo de Young, de corte o de volumen a partir de datos experimentales esfuerzo-deformación [Usar]
3. Identificar la región elástica, el límite elástico y el punto de fractura en una curva esfuerzo-deformación [Familiarizarse]

Elective:

4. Calcular la energía potencial elástica almacenada en un resorte o barra deformada [Usar]

4.10.9. CME/Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estática y dinámica de fluidos incompresibles: presión, empuje, ecuaciones de continuidad y de Bernoulli, e introducción al flujo viscoso.

Temas:

Core

- Densidad, presión y su variación con la profundidad en un fluido en reposo: $p = p_0 + \rho gh$
- Principio de Pascal y sus aplicaciones (prensa hidráulica)
- Principio de Arquímedes, empuje y flotación
- Medición de presión con manómetros y barómetros
- Ecuación de continuidad para flujo incompresible: $A_1 v_1 = A_2 v_2$
- Ecuación de Bernoulli y conservación de energía en flujo ideal
- Aplicaciones: tubo de Venturi, teorema de Torricelli, tubo de Pitot

Electivo

- Viscosidad y ley de Poiseuille para flujo laminar en tuberías
- Número de Reynolds y transición a flujo turbulento
- Ley de Stokes para la fuerza de arrastre sobre una esfera en un fluido viscoso

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la presión en un punto de un fluido en reposo dado la profundidad y densidad [Usar]
2. Aplicar el principio de Arquímedes para determinar si un objeto flota, se hunde o permanece en equilibrio [Usar]
3. Aplicar las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli para resolver problemas de flujo en tuberías de sección variable [Usar]
4. Interpretar lecturas de manómetros y barómetros para determinar presiones absolutas y manométricas [Evaluar]

Elective:

5. Aplicar la ley de Poiseuille para calcular el caudal de un fluido viscoso en un tubo cilíndrico [Usar]
6. Estimar el número de Reynolds de un flujo y predecir si es laminar o turbulento [Evaluar]

4.10.10. CME/Vibraciones y Ondas (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Movimiento armónico simple, oscilaciones amortiguadas y forzadas, y propagación, superposición y resonancia de ondas mecánicas.

Temas:

Core

- Movimiento armónico simple (MAS): ecuación de movimiento, posición, velocidad y aceleración
- Sistemas oscilantes: resorte-masa y péndulo simple/físico
- Energía en el movimiento armónico simple
- Oscilaciones amortiguadas y forzadas; introducción a la resonancia
- Ondas transversales y longitudinales; velocidad de propagación
- Ecuación de onda y velocidad de una onda en una cuerda tensa: $v = \sqrt{T/\mu}$
- Principio de superposición y ondas estacionarias
- Ondas sonoras, intensidad y nivel de intensidad sonora (decibeles)

Electivo

- Efecto Doppler para ondas sonoras
- Pulsaciones (beats) e interferencia de ondas de frecuencias cercanas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Deducir la ecuación de movimiento y el período de un sistema resorte-masa y de un péndulo simple [Usar]
2. Calcular la energía cinética, potencial y total de un oscilador armónico simple en cualquier instante [Usar]
3. Analizar la respuesta en amplitud de un oscilador forzado cerca de la frecuencia de resonancia [Evaluar]
4. Calcular la velocidad de propagación de una onda en una cuerda a partir de la tensión y la densidad lineal [Usar]
5. Determinar las frecuencias y longitudes de onda de los modos normales de una onda estacionaria en una cuerda fija [Usar]
6. Calcular el nivel de intensidad sonora en decibeles a partir de la intensidad de una onda sonora [Usar]

Elective:

7. Aplicar la fórmula del efecto Doppler para fuente y/o observador en movimiento [Usar]

4.10.11. CME/Teoría de Pequeñas Oscilaciones y Osciladores Acoplados (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Pequeñas oscilaciones alrededor del equilibrio: modos normales, autofrecuencias, amortiguamiento, forzamiento y sistemas acoplados, extendiendo el MAS de un solo oscilador a sistemas de ingeniería con varios grados de libertad.

Temas:

Non Core

- Aproximación de pequeñas oscilaciones mediante expansión de Taylor alrededor de un equilibrio estable
- Osciladores acoplados y la formulación matricial de las ecuaciones de movimiento
- Modos normales y autofrecuencias derivadas del problema de autovalores
- Osciladores amortiguados: regímenes subamortiguado, críticamente amortiguado y sobreamortiguado

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

NonCore:

1. Linealizar las ecuaciones de movimiento alrededor de un punto de equilibrio estable [Usar]
2. Encontrar las frecuencias y autovectores de los modos normales para sistemas de dos osciladores acoplados [Usar]

4.10.12. CME/Fenómeno de Transporte (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Introducción a los fenómenos de transporte en medios continuos: conducción de calor y difusión de masa como procesos de flujo impulsados por gradientes.

Temas:

Core

- Conducción de calor y la ley de Fourier: $\vec{q} = -k\nabla T$
- Conductividad térmica de materiales y resistencia térmica en paredes compuestas
- Difusión molecular y la primera ley de Fick: $\vec{J} = -D\nabla C$

Electivo

- Analogía entre el transporte de calor, masa y momento (números de Prandtl y Schmidt)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar la ley de Fourier para calcular el flujo de calor a través de una pared plana o compuesta [Usar]
2. Aplicar la primera ley de Fick para calcular el flujo difusivo de una especie en un gradiente de concentración [Usar]

Elective:

3. Identificar analogías matemáticas entre los procesos de transporte de calor, masa y momento [Familiarizarse]

4.11. Electromagnetismo (ELM)

El Electromagnetismo estudia el comportamiento de las cargas eléctricas en reposo y en movimiento, las propiedades de los campos eléctricos y magnéticos, y su interacción descrita por las ecuaciones de Maxwell. Cubre la electrostática, la magnetostática, la electrodinámica y la propagación de ondas electromagnéticas en el vacío y en la materia.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.11.1 Electrostática: Campo Eléctrico y Ley de Gauss (Pág. 156)	1	1
⭐ 4.11.2 Potencial Eléctrico y Ecuaciones de Poisson/Laplace (Pág. 157)	1	1
⭐ 4.11.3 Energía Electrostática y Dieléctricos (Pág. 157)	1	1
⭐ 4.11.4 Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere (Pág. 158)	1	1
⭐ 4.11.5 Propiedades Magnéticas de la Materia (Pág. 158)	1	1
⭐ 4.11.6 Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción (Pág. 158)	1	1
⭐ 4.11.7 Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff (Pág. 159)	1	1
4.11.8 Ecuaciones de Maxwell y Transformaciones de Gauge (Pág. 159)	Electivo	
4.11.9 Ondas Electromagnéticas y Propagación en Medios (Pág. 159)	Electivo	

Cuadro 4.11: Lista de KUs del área de Electromagnetismo.

4.11.1. ELM/Electrostática: Campo Eléctrico y Ley de Gauss (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Análisis de cargas estacionarias, naturaleza vectorial del campo eléctrico y aplicación de la Ley de Gauss a configuraciones de ingeniería con simetría.

Temas:

Core

- Ley de Coulomb para cargas puntuales y el principio de superposición lineal
- El vector campo eléctrico $\vec{E}$ para distribuciones de carga discretas y continuas
- Ley de Gauss en forma integral y su relación con la carga encerrada

- Forma diferencial de la Ley de Gauss: $\nabla \cdot \vec{E} = \rho/\epsilon_0$
- Aplicaciones de la Ley de Gauss a configuraciones esféricas y cilíndricas de ingeniería
- El Teorema de la Divergencia aplicado a campos electrostáticos de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la fuerza electrostática neta sobre una distribución de cargas usando superposición [Usar]
2. Aplicar la Ley de Gauss para determinar el campo eléctrico en sistemas de alta simetría [Usar]
3. Evaluar el flujo eléctrico a través de superficies de interés en aplicaciones de ingeniería [Evaluar]
4. Determinar la densidad volumétrica de carga a partir de una expresión dada del campo eléctrico [Usar]

4.11.2. ELM/Potencial Eléctrico y Ecuaciones de Poisson/Laplace (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Formulación del potencial escalar en electrostática y solución de problemas de valores de frontera para el diseño de capacitores y electrodos en ingeniería.
Temas:
Core

- Definición del potencial escalar V y la relación $\vec{E} = -\nabla V$
- Cálculo del potencial para distribuciones de carga continuas en ingeniería
- Ecuación de Poisson $\nabla^2 V = -\rho/\epsilon_0$ y ecuación de Laplace
- Solución de la ecuación de Laplace por separación de variables en geometrías de ingeniería
- El método de las imágenes para calcular campos cerca de fronteras conductoras de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la energía potencial electrostática de una configuración de cargas [Usar]
2. Derivar el vector campo eléctrico a partir de un potencial escalar dado [Usar]
3. Resolver la ecuación de Laplace para una geometría de ingeniería con condiciones de frontera especificadas [Evaluar]
4. Aplicar el método de las imágenes a problemas de ingeniería que involucran conductores aterrizados [Usar]

4.11.3. ELM/Energía Electrostática y Dieléctricos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Almacenamiento de energía en campos eléctricos, diseño de capacitores y comportamiento macroscópico de materiales dieléctricos en ingeniería eléctrica.
Temas:
Core

- Densidad de energía en el campo eléctrico: $u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$
- Capacitancia $C = Q/V$ para geometrías estándar de ingeniería
- El vector desplazamiento $\vec{D}$ y la Ley de Gauss en medios dieléctricos
- Dieléctricos lineales, susceptibilidad eléctrica y permitividad relativa ϵ_r
- Condiciones de frontera para $\vec{E}$ y $\vec{D}$ en interfaces de materiales de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la capacitancia de capacitores de placas paralelas y coaxiales con dieléctricos [Usar]
2. Evaluar distribuciones de carga ligada en materiales dieléctricos polarizados [Evaluar]
3. Resolver los campos eléctricos a ambos lados de una interfaz dieléctrica usando condiciones de frontera [Usar]
4. Analizar la fuerza sobre una losa dieléctrica en un capacitor parcialmente insertado [Evaluar]

4.11.4. ELM/Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Física de corrientes estacionarias, generación del campo magnético y fuerzas sobre cargas en movimiento, base del diseño de motores y transformadores.

Temas:

Core

- Ley de fuerza de Lorentz: $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$
- Fuerza magnética sobre conductores con corriente y espiras
- Ley de Biot-Savart para el campo magnético de un elemento de corriente
- Ley de Ampere en forma integral para configuraciones de ingeniería con alta simetría
- El potencial vectorial magnético $\vec{A}$ y $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular el campo magnético de solenoides y toroides usando la Ley de Ampere [Usar]
2. Calcular el campo magnético en el eje de una espira de corriente usando la Ley de Biot-Savart [Usar]
3. Verificar que un campo magnético dado satisface la condición $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ [Evaluar]
4. Analizar el torque sobre una espira de corriente en un campo magnético no uniforme [Evaluar]

4.11.5. ELM/Propiedades Magnéticas de la Materia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Magnetización de materiales, corrientes ligadas y clasificación de medios magnéticos relevante para el diseño de núcleos de transformadores e imanes permanentes.

Temas:

Core

- El vector magnetización $\vec{M}$ como momento dipolar magnético por unidad de volumen
- La intensidad de campo magnético $\vec{H}$ y la Ley de Ampere en la materia
- Principios físicos del diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo en materiales de ingeniería
- Dominios ferromagnéticos y el ciclo de histéresis para la selección de materiales de ingeniería
- Medios magnéticos lineales y permeabilidad magnética μ

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Determinar las distribuciones de corriente ligada en materiales de ingeniería magnetizados [Usar]
2. Clasificar materiales como diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos para su aplicación en ingeniería [Evaluar]
3. Analizar la pérdida de energía por ciclo a partir del ciclo de histéresis para la selección del núcleo de un transformador [Evaluar]

4.11.6. ELM/Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Campos magnéticos dependientes del tiempo e inducción electromagnética, fundamentales para generadores, transformadores y motores eléctricos.

Temas:

Core

- Ley de inducción de Faraday y Ley de Lenz
- Autoinductancia L y la fuerza contraelectromotriz en inductores de ingeniería
- Inductancia mutua M y principios del transformador
- Energía almacenada en el campo magnético de inductores de ingeniería
- Corrientes de Foucault, frenado magnético y pérdidas en el núcleo de máquinas eléctricas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la fuerza electromotriz inducida en una bobina rotante y relacionarla con el funcionamiento de un generador [Usar]
2. Aplicar la Ley de Lenz para determinar la dirección de las corrientes inducidas en escenarios de ingeniería [Evaluar]
3. Calcular la energía magnética almacenada en un solenoide o inductor toroidal de ingeniería [Usar]
4. Evaluar la inductancia mutua entre bobinas acopladas para el diseño de transformadores [Evaluar]

4.11.7. ELM/Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estudio del flujo de carga eléctrica, la resistencia y el análisis de circuitos de corriente continua usando las leyes de Kirchhoff, fundamental para toda la ingeniería eléctrica.

Temas:

Core

- Definición de corriente, densidad de corriente y la ecuación de continuidad
- Ley de Ohm, resistividad y dependencia de la resistencia con la temperatura
- Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK) para el análisis nodal de circuitos
- Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK) para el análisis de mallas de circuitos
- Simplificación de circuitos en serie y paralelo y resistencias equivalentes
- Transitorios en circuitos RC y RL y constantes de tiempo en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar la LCK y la LVK para resolver circuitos de corriente continua de múltiples mallas en ingeniería [Usar]
2. Calcular la potencia disipada en elementos resistivos de circuitos de ingeniería [Evaluar]
3. Analizar la respuesta transitoria de circuitos RC y RL y determinar la constante de tiempo [Usar]
4. Diseñar una red de resistores que cumpla con divisiones de voltaje o distribuciones de corriente especificadas [Evaluar]

4.11.8. ELM/Ecuaciones de Maxwell y Transformaciones de Gauge

El conjunto unificado de ecuaciones que rigen todos los fenómenos electromagnéticos clásicos y la energía y el momento transportados por los campos electromagnéticos.

Temas:

Core

- Corriente de desplazamiento de Maxwell y su papel en la Ley de Ampere completa
- El conjunto completo de las cuatro ecuaciones de Maxwell en formas integral y diferencial
- Teorema de Poynting y la conservación de la energía en los campos electromagnéticos
- El vector de Poynting $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ como densidad de flujo de energía
- Invarianza de gauge y formulación de potenciales en electrodinámica de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la corriente de desplazamiento en circuitos capacitivos de ingeniería [Usar]
2. Enunciar las cuatro ecuaciones de Maxwell e identificar su contenido físico [Familiarizarse]
3. Analizar el flujo de energía y la disipación de potencia en componentes resistivos y reactivos de ingeniería [Evaluar]
4. Calcular la presión de radiación ejercida por una onda electromagnética sobre una superficie reflectora de ingeniería [Usar]

4.11.9. ELM/Ondas Electromagnéticas y Propagación en Medios

Propagación de ondas electromagnéticas en el vacío, dieléctricos y conductores, fundamental para el diseño de antenas, comunicaciones inalámbricas y fotónica.

Temas:
Core

- Deducción de la ecuación de onda electromagnética a partir de las ecuaciones de Maxwell
- Soluciones de onda plana monocromática y sus estados de polarización
- Densidad de energía, intensidad y momento de las ondas planas
- Propagación de ondas en medios conductores y la profundidad de penetración δ para el diseño de blindaje
- Reflexión y refracción en interfaces para aplicaciones de ingeniería óptica y de RF

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar la relación de dispersión y relacionar la velocidad de onda con las propiedades del medio [Usar]
2. Determinar el estado de polarización de una onda a partir de los componentes de su vector de campo [Evaluar]
3. Analizar cómo varía la profundidad de penetración con la frecuencia y seleccionar materiales de blindaje adecuados [Evaluar]
4. Aplicar las ecuaciones de Fresnel para calcular transmisión y reflexión en interfaces de materiales de ingeniería [Usar]

4.12. Termodinámica y Mecánica Estadística (TSM)

La Termodinámica y la Mecánica Estadística conectan las propiedades microscópicas de la materia con los observables macroscópicos de ingeniería. Esta área cubre las leyes de transferencia de energía, la entropía, los estados de equilibrio y los ciclos de máquinas térmicas esenciales para los sistemas energéticos y la ingeniería térmica.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.12.1 Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (Pág. 160)	1	1
⭐ 4.12.2 Teoría Cinética de los Gases (Pág. 161)	1	1
4.12.3 Máquinas Térmicas, Entropía y Segunda Ley (Pág. 161)	Electivo	

Cuadro 4.12: Lista de KUs del área de Termodinámica y Mecánica Estadística.

4.12.1. TSM/Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios fundamentales que gobiernan la energía, el calor y el trabajo en sistemas termodinámicos de ingeniería, y la definición matemática de las variables de estado.
Temas:
Core

- Ley Cero de la Termodinámica y el equilibrio de temperatura
- Primera Ley de la Termodinámica: $dU = dQ - dW$ para sistemas de ingeniería
- Entalpía $H = U + PV$ y su papel en los procesos de flujo y las reacciones químicas
- Calores específicos C_V y C_P y su medición y aplicación en ingeniería
- Procesos adiabáticos y condiciones de flujo isentrópico en turbomáquinas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular el trabajo realizado por un gas en expansiones isotérmica y adiabática en ciclos de ingeniería [Usar]
2. Evaluar cambios de energía interna y aplicar la Primera Ley a procesos termodinámicos de ingeniería [Evaluar]
3. Aplicar la relación de Mayer para determinar la razón de calores específicos de fluidos de trabajo en ingeniería [Usar]
4. Analizar las condiciones de flujo isentrópico en toberas y turbinas de ingeniería [Evaluar]

4.12.2. TSM/Teoría Cinética de los Gases (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Modelo microscópico de los gases que relaciona el movimiento molecular con propiedades macroscópicas de ingeniería como la presión, temperatura y coeficientes de transporte.

Temas:

Core

- Derivación de la presión macroscópica a partir de la transferencia de momento molecular
- Distribución de Maxwell-Boltzmann de velocidades y sus implicaciones en ingeniería
- Teorema de equipartición y grados de libertad para gases monoatómicos y poliatómicos
- Recorrido libre medio y su relevancia para el flujo de gases y la ingeniería de vacío
- Fenómenos de transporte: viscosidad, conductividad térmica y difusión en gases de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular las velocidades cuadrática media y promedio de gases de trabajo en ingeniería [Usar]
2. Interpretar la distribución de Maxwell-Boltzmann y su dependencia de la temperatura para aplicaciones de ingeniería [Evaluar]
3. Calcular el recorrido libre medio y relacionarlo con la viscosidad en problemas de aerodinámica de ingeniería [Usar]
4. Estimar la conductividad térmica y la viscosidad de un gas a partir de la teoría cinética para el diseño de ingeniería [Evaluar]

4.12.3. TSM/Máquinas Térmicas, Entropía y Segunda Ley

Límites de eficiencia térmica, generación de entropía y restricciones termodinámicas que gobiernan las máquinas térmicas y los ciclos de refrigeración en ingeniería.

Temas:

Core

- Enunciados de Kelvin-Planck y de Clausius de la Segunda Ley y sus implicaciones en ingeniería
- El ciclo de Carnot y la eficiencia máxima $\eta = 1 - T_c/T_h$
- Desigualdad de Clausius y la definición termodinámica de la entropía
- Análisis de ciclos de ingeniería (Rankine, Brayton, refrigeración) usando diagramas T-S
- Fórmula de Boltzmann $S = k_B \ln \Omega$ y su interpretación en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Calcular la eficiencia térmica máxima de una máquina de ingeniería que opera entre dos temperaturas [Usar]
2. Evaluar la generación de entropía en procesos irreversibles de ingeniería como la transferencia de calor con diferencia finita de temperatura [Evaluar]
3. Analizar el desempeño termodinámico de los ciclos Rankine y Brayton usando diagramas T-S [Usar]
4. Calcular cambios de entropía a partir del conteo de microestados para sistemas simples de ingeniería [Usar]

4.13. Física de la Materia Condensada (SSP)

La Física de la Materia Condensada investiga las propiedades macroscópicas y microscópicas de la materia en sus fases sólida y líquida. Explora cómo las interacciones colectivas entre átomos conducen a fenómenos emergentes como la conductividad eléctrica, el magnetismo y el comportamiento semiconductor, directamente relevantes para la ingeniería de materiales.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
4.13.1 Estructuras Cristalinas y Redes Recíprocas (Pág. 162)	Electivo	
4.13.2 Modelo de Electrones Libres y Teoría de Bandas de los Sólidos (Pág. 162)	Electivo	
4.13.3 Semiconductores, Aislantes y Metales (Pág. 162)	Electivo	

Cuadro 4.13: Lista de KUs del área de Física de la Materia Condensada.

4.13.1. SSP/Estructuras Cristalinas y Redes Recíprocas

Descripción matemática de los arreglos atómicos periódicos en el espacio real y en el espacio de momento, base estructural para la ingeniería de materiales y el análisis de difracción.
Temas:
Core

- Las 14 redes de Bravais y las simetrías de grupo puntual en materiales de ingeniería
- Celdas unitarias, celdas de Wigner-Seitz y la base de átomos en materiales de ingeniería comunes
- Índices de Miller para planos y direcciones cristalinas en materiales estructurales
- La Primera Zona de Brillouin y su significado para las propiedades electrónicas y de fonones
- Factores de empaquetamiento atómico y números de coordinación para estructuras SC, BCC, FCC y HCP

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Determinar los vectores de la red recíproca para cristales metálicos de ingeniería FCC y BCC [Usar]
2. Calcular el factor de empaquetamiento atómico para estructuras cristalinas de ingeniería comunes [Evaluar]
3. Explicar el uso de los índices de Miller para identificar planos de deslizamiento y fractura en metales de ingeniería [Familiarizarse]
4. Identificar simetrías rotacionales y traslacionales relevantes para el análisis de textura en materiales de ingeniería [Usar]

4.13.2. SSP/Modelo de Electrones Libres y Teoría de Bandas de los Sólidos

Comportamiento de los electrones en potenciales periódicos, que explica la conducción eléctrica, las brechas de banda y las propiedades electrónicas de sólidos de ingeniería.
Temas:
Core

- El modelo de Drude: conductividad eléctrica, velocidad de deriva y efecto Hall en metales de ingeniería
- El modelo de Sommerfeld: energía de Fermi, superficie de Fermi y densidad de estados
- Teorema de Bloch para funciones de onda electrónicas en potenciales cristalinos periódicos
- El modelo de Kronig-Penney y el surgimiento de las brechas de energía de banda
- La aproximación de enlace fuerte y la estructura de bandas de materiales de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la energía y la temperatura de Fermi para metales de ingeniería comunes [Usar]
2. Explicar el origen de las brechas de energía de banda en sólidos cristalinos y su importancia en ingeniería [Familiarizarse]
3. Evaluar la masa efectiva de los portadores de carga a partir de una relación de dispersión $E(k)$ dada [Evaluar]
4. Aplicar la teoría de bandas para predecir las propiedades eléctricas de aleaciones metálicas y semiconductores de ingeniería [Usar]

4.13.3. SSP/Semiconductores, Aislantes y Metales

Clasificación de sólidos de ingeniería según la estructura de bandas electrónicas, la densidad de portadores y el dopaje, fundamental para la microelectrónica y la fotovoltaica.
Temas:
Core

- Semiconductores intrínsecos: concentración de portadores y la ley de acción de masas
- Semiconductores extrínsecos: dopaje tipo n y tipo p, y desplazamiento del nivel de Fermi

- La unión p-n: región de agotamiento, potencial de contacto y operación del diodo
- Movilidad de portadores, resistividad y dependencia de la temperatura en semiconductores de ingeniería
- Semiconductores de brecha directa e indirecta y su uso en LEDs y celdas solares

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Determinar la concentración intrínseca de portadores del silicio a temperatura ambiente [Usar]
2. Analizar cómo el dopaje desplaza el nivel de Fermi y modifica la densidad de portadores en semiconductores de ingeniería [Evaluar]
3. Diseñar una unión p-n con tensión de ruptura especificada para una aplicación de electrónica de potencia [Usar]
4. Seleccionar entre semiconductores de brecha directa e indirecta para aplicaciones de LED versus celda solar [Evaluar]

4.14. Química General (GCH)

Esta área cubre los fundamentos de la química general: la naturaleza de la materia y la energía, la estructura atómica básica, el enlace químico, la estequiometría y los estados de la materia, necesarios como base para las disciplinas de ingeniería.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.14.1 Materia y Energía (Pág. 163)	1	1
⭐ 4.14.2 Estructura Atómica Básica (Pág. 163)	1	1
⭐ 4.14.3 Enlace Químico (Pág. 164)	1	1
⭐ 4.14.4 Estequiometría (Pág. 164)	1	1
⭐ 4.14.5 Estados de la Materia (Pág. 164)	1	1
⭐ 4.14.6 Química Ambiental y del Agua (Pág. 164)	1	1
⭐ 4.14.7 Polímeros y Geosintéticos (Pág. 165)	1	1
⭐ 4.14.8 Equilibrio Químico (Pág. 165)	1	1
⭐ 4.14.9 Equilibrio Iónico e Hidrólisis de Sales (Pág. 165)	1	1
⭐ 4.14.10 Sales, Solubilidad y Equilibrios de Precipitación (Pág. 165)	1	1
⭐ 4.14.11 Electroquímica y Electrólisis (Pág. 166)	1	1
⭐ 4.14.12 Química del Cemento (Pág. 166)	1	1

Cuadro 4.14: Lista de KUs del área de Química General.

4.14.1. GCH/Materia y Energía (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Clasificación de la materia, el método científico y el sistema de unidades usado en química de ingeniería.
Temas:
Core

- Clasificación de la materia: elementos, compuestos y mezclas
- El método científico y el sistema internacional de unidades de medida

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las propiedades de la materia y la energía y clasificar una sustancia dada [Familiarizarse]
2. Realizar conversiones de unidades en problemas de química de ingeniería [Usar]

4.14.2. GCH/Estructura Atómica Básica (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estructura del átomo, número atómico e isótopos, y configuración electrónica a nivel introductorio.
Temas:
Core

- Estructura del átomo, número atómico, número másico e isótopos
- Modelo cuántico del átomo y configuración electrónica

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir la estructura del átomo y sus partículas subatómicas [Familiarizarse]
2. Determinar la configuración electrónica de un átomo y relacionarla con sus propiedades químicas [Usar]

4.14.3. GCH/Enlace Químico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Tipos de enlace químico y su relación con la geometría molecular y las propiedades de las sustancias, base para la selección de materiales de ingeniería.
Temas:
Core

- Enlace iónico, covalente y metálico
- Geometría molecular y su relación con las propiedades de las sustancias

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los diferentes tipos de enlace químico [Familiarizarse]
2. Predecir la geometría molecular y relacionar el tipo de enlace con las propiedades de un material [Evaluar]

4.14.4. GCH/Estequiometría (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Cálculos cuantitativos de reacciones químicas: masa molar, balanceo de ecuaciones, reactivo limitante y rendimiento, esenciales en procesos de ingeniería.
Temas:
Core

- Masa molar, el concepto de mol y balanceo de ecuaciones químicas
- Cálculos estequiométricos, reactivo limitante y rendimiento porcentual

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular la masa molar de un compuesto y balancear ecuaciones químicas [Usar]
2. Determinar la cantidad de reactivos y productos en un proceso de ingeniería usando cálculos estequiométricos [Evaluar]

4.14.5. GCH/Estados de la Materia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Propiedades de gases, líquidos y sólidos, cambios de estado y las leyes de los gases ideales aplicadas a sistemas de ingeniería.
Temas:
Core

- Propiedades de gases, líquidos y sólidos, y cambios de estado
- Leyes de los gases ideales y diagramas de fase

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las propiedades de los diferentes estados de la materia y sus cambios de fase [Familiarizarse]
2. Aplicar las leyes de los gases ideales a problemas de ingeniería [Usar]

4.14.6. GCH/Química Ambiental y del Agua (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Calidad del agua como recurso y contaminantes ambientales relevantes para el diseño de infraestructura sanitaria y ambiental.
Temas:
Core

- Parámetros de calidad del agua (pH, dureza, oxígeno disuelto, DBO) para diseño de infraestructura
- Fundamentos de tratamiento de agua y principales contaminantes del aire y del agua

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Interpretar parámetros de calidad del agua para el diseño de sistemas de tratamiento [Usar]
2. Identificar contaminantes relevantes para proyectos de infraestructura sanitaria y ambiental [Familiarizarse]

4.14.7. GCH/Polímeros y Geosintéticos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Clasificación de polímeros y geosintéticos usados en obras de ingeniería civil.
Temas:
Core

- Clasificación de polímeros: termoplásticos, termoestables y elastómeros
- Geosintéticos: geotextiles, geomembranas y geomallas, y sus aplicaciones en obras civiles

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Clasificar un polímero según su estructura y comportamiento térmico [Usar]
2. Seleccionar el geosintético adecuado según la aplicación de ingeniería civil requerida [Usar]

4.14.8. GCH/Equilibrio Químico (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

La constante de equilibrio y el principio de Le Chatelier aplicados a procesos de ingeniería.
Temas:
Core

- La constante de equilibrio K_c y su relación con la estequiometría
- Principio de Le Chatelier y su efecto sobre procesos químicos industriales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Escribir la expresión de la constante de equilibrio para una reacción de interés en ingeniería [Usar]
2. Predecir el desplazamiento de un equilibrio químico en un proceso de ingeniería [Evaluar]

4.14.9. GCH/Equilibrio Iónico e Hidrólisis de Sales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

pH, equilibrio ácido-base e hidrólisis de sales relevantes para el control de calidad del agua y del concreto.
Temas:
Core

- Cálculo de pH de ácidos y bases fuertes y débiles
- Hidrólisis de sales y su efecto en el pH de aguas y suelos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular el pH de disoluciones relevantes para el control de calidad ambiental [Usar]
2. Predecir el efecto de la hidrólisis de sales sobre el pH de aguas y suelos [Evaluar]

4.14.10. GCH/Sales, Solubilidad y Equilibrios de Precipitación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El producto de solubilidad aplicado a la predicción de incrustaciones y precipitados en sistemas de ingeniería.
Temas:
Core

- El producto de solubilidad K_{sp} y predicción de precipitación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Predecir la formación de precipitados o incrustaciones en sistemas de agua de ingeniería [Usar]

4.14.11. GCH/Electroquímica y Electrólisis (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Reacciones redox y electroquímica aplicadas a la corrosión de metales y del concreto armado.
Temas:
Core
- Reacciones redox, celdas galvánicas y potenciales de electrodo
- Corrosión electroquímica de metales y del acero de refuerzo en concreto armado, y métodos de protección

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Calcular el potencial de una celda galvánica y predecir la espontaneidad de una reacción redox [Usar]
2. Analizar condiciones de corrosión en estructuras de ingeniería y proponer métodos de protección [Evaluar]

4.14.12. GCH/Química del Cemento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Composición del cemento Portland y sus reacciones de hidratación, base química del diseño de concreto.
Temas:
Core
- Composición química del cemento Portland y sus compuestos principales
- Reacciones de hidratación del cemento y su relación con el desarrollo de resistencia del concreto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Describir la composición química del cemento Portland [Familiarizarse]
2. Explicar la relación entre la hidratación del cemento y el desarrollo de resistencia del concreto [Usar]

4.15. Química Inorgánica (INC)

Esta área del conocimiento cubre los principios fundamentales de la química inorgánica, incluyendo la estructura atómica, la química de coordinación, la química de metales de transición y del grupo principal, la química organometálica y los materiales en estado sólido. Se enfatiza en las teorías de enlace, mecanismos de reacción y aplicaciones en catálisis y ciencia de materiales.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.15.1 Química del Estado Sólido y Materiales (Pág. 166)	1	1
4.15.2 Estructura Atómica y Periodicidad (Pág. 167)	Electivo	

Cuadro 4.15: Lista de KUs del área de Química Inorgánica.

4.15.1. INC/Química del Estado Sólido y Materiales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios de la química del estado sólido, incluyendo estructuras cristalinas, enlace en sólidos de ingeniería, química de defectos, propiedades electrónicas y métodos de síntesis de materiales inorgánicos.
Temas:
Core

- Sistemas cristalinos, redes de Bravais e índices de Miller para materiales de ingeniería
- Difracción de rayos X para la determinación de estructuras cristalinas e identificación de fases
- Compuestos iónicos: estructuras cristalinas y energías de red
- Sólidos metálicos y covalentes de red: enlace y propiedades de ingeniería
- Defectos puntuales, vacantes, intersticiales y no estequiometría en sólidos de ingeniería
- Teoría de bandas y propiedades electrónicas de conductores, semiconductores y aislantes de ingeniería
- Métodos de síntesis de materiales inorgánicos de ingeniería: reacciones en estado sólido, sol-gel y CVD

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar los sistemas cristalinos y describir las operaciones de simetría en materiales sólidos de ingeniería [Familiarizarse]
2. Interpretar patrones de difracción de rayos X para identificar fases cristalinas y determinar los parámetros de la celda unitaria [Usar]
3. Calcular energías de red usando ciclos de Born-Haber para compuestos iónicos de ingeniería [Usar]
4. Explicar cómo los defectos puntuales controlan la difusión, la conductividad y la corrosión en materiales de ingeniería [Evaluar]
5. Aplicar la teoría de bandas para predecir y diseñar las propiedades eléctricas de materiales sólidos [Evaluar]
6. Seleccionar métodos de síntesis apropiados para la producción de materiales inorgánicos de ingeniería específicos [Usar]

4.15.2. INC/Estructura Atómica y Periodicidad

Conceptos fundamentales de la estructura atómica, configuración electrónica, tendencias periódicas y la relación entre la estructura electrónica y las propiedades químicas de los materiales de ingeniería.
Temas:
Core

- Números cuánticos y orbitales atómicos
- Configuración electrónica y el principio de Aufbau
- Tendencias periódicas: radio atómico, energía de ionización y electronegatividad
- Carga nuclear efectiva y efectos de apantallamiento relevantes para la selección de materiales
- Acoplamiento espín-órbita y propiedades magnéticas de materiales de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los números cuánticos y su papel en la definición de los orbitales atómicos de los elementos de ingeniería [Familiarizarse]
2. Escribir configuraciones electrónicas para átomos e iones comunes en materiales de ingeniería [Usar]
3. Predecir tendencias periódicas en propiedades atómicas y relacionarlas con el desempeño de materiales de ingeniería [Evaluar]
4. Interpretar las propiedades magnéticas de aleaciones de ingeniería usando consideraciones de acoplamiento espín-órbita [Usar]

4.16. Físico-Química (PHC)

Esta área del conocimiento cubre la aplicación de los principios de la física a los sistemas químicos. Incluye la termodinámica química, la mecánica estadística, la química cuántica, la cinética molecular y los fenómenos superficiales.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
4.16.1 Termodinámica Química y Equilibrio (Pág. 168)	Electivo	

Cuadro 4.16: Lista de KUs del área de Físico-Química.

4.16.1. PHC/Termodinámica Química y Equilibrio

Aplicación de las leyes de la termodinámica a sistemas de ingeniería química: funciones de estado, potencial químico, equilibrio de fases y equilibrio de reacciones.
Temas:
Core

- Leyes de la termodinámica aplicadas a procesos de ingeniería química
- Funciones de estado: entalpía, entropía y energía de Gibbs en la ingeniería de procesos químicos
- Potencial químico y fugacidad en sistemas de fluidos y mezclas de ingeniería
- Equilibrio de fases en sistemas de ingeniería multicomponentes y diagramas de fases
- Equilibrio de reacciones químicas: constantes de equilibrio y dependencia con la temperatura
- Soluciones no ideales, coeficientes de actividad y su papel en el diseño de procesos químicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la Segunda Ley de la Termodinámica en términos de entropía y espontaneidad de procesos químicos de ingeniería [Familiarizarse]
2. Calcular cambios de energía de Gibbs para determinar si las reacciones químicas de ingeniería son espontáneas [Usar]
3. Aplicar el potencial químico para derivar condiciones de equilibrio en sistemas multifásicos de ingeniería [Evaluar]
4. Interpretar diagramas de fases binarios para aleaciones y mezclas de ingeniería [Usar]
5. Predecir el comportamiento de mezclas de gases y soluciones de ingeniería usando modelos de no idealidad [Evaluar]

4.17. Ciencia de Materiales y Nanotecnología (MSN)

Esta área del conocimiento explora la síntesis, caracterización y aplicación de materiales avanzados en las escalas macro, micro y nano. Cubre técnicas de nanofabricación, herramientas avanzadas de caracterización y el desarrollo de materiales funcionales para sistemas energéticos y aplicaciones inteligentes de ingeniería.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
4.17.1 Síntesis de Nanomateriales y Nanofabricación (Pág. 168)	Electivo	
4.17.2 Caracterización de Materiales (DRX, SEM, TEM) (Pág. 169)	Electivo	
4.17.3 Materiales para el Almacenamiento y Conversión de Energía (Pág. 169)	Electivo	

Cuadro 4.17: Lista de KUs del área de Ciencia de Materiales y Nanotecnología.

4.17.1. MSN/Síntesis de Nanomateriales y Nanofabricación

Enfoques de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo para la producción de nanomateriales de ingeniería, incluyendo deposición química en fase de vapor, procesos sol-gel y litografía.
Temas:
Core

- Síntesis de abajo hacia arriba: sol-gel, autoensamblaje y deposición química en baño para nanomateriales de ingeniería
- Nanofabricación de arriba hacia abajo: fotolitografía, litografía de haz de electrones y fresado
- Deposición física y química en fase de vapor (PVD y CVD) para la producción de películas delgadas de ingeniería
- Termodinámica y cinética de la nucleación y el crecimiento de cristales a nanoescala
- Funcionalización superficial y estabilización de nanopartículas de ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las diferencias fundamentales entre las rutas de nanofabricación de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo [Familiarizarse]
2. Sintetizar nanopartículas usando métodos químicos en fase húmeda y caracterizar su distribución de tamaños [Usar]
3. Evaluar la idoneidad de CVD versus PVD para producir películas delgadas de ingeniería de alta pureza [Evaluar]
4. Optimizar las condiciones de reacción para controlar el tamaño y la morfología de nanoestructuras de ingeniería [Usar]

4.17.2. MSN/Caracterización de Materiales (DRX, SEM, TEM)

Técnicas analíticas avanzadas para sondear las propiedades estructurales, morfológicas y elementales de los materiales de ingeniería.
Temas:
Core

- Difracción de rayos X (DRX) para la determinación de estructuras cristalinas e identificación de fases en materiales de ingeniería
- Microscopía electrónica de barrido (SEM) para morfología superficial y análisis de fallas
- Microscopía electrónica de transmisión (TEM) para la imagen interna de estructuras y defectos en materiales de ingeniería
- Espectroscopía de rayos X por dispersión de energía (EDS) para el mapeo de composición elemental
- Microscopía de fuerza atómica (AFM) para la medición de rugosidad superficial y propiedades nanomecánicas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la Ley de Bragg y su aplicación para identificar fases en patrones DRX de materiales de ingeniería [Familiarizarse]
2. Interpretar micrografías SEM para evaluar la morfología superficial y los modos de fractura en materiales de ingeniería [Usar]
3. Analizar imágenes TEM para identificar dislocaciones, fronteras de grano y fases en aleaciones de ingeniería [Evaluar]
4. Realizar la cuantificación elemental con EDS para verificar la composición de materiales de ingeniería multicomponentes [Usar]

4.17.3. MSN/Materiales para el Almacenamiento y Conversión de Energía

Química y física de los materiales empleados en baterías, supercapacitores, pilas de combustible y dispositivos fotovoltaicos para los sistemas energéticos de ingeniería.
Temas:
Core

- Baterías de iones de litio: materiales de electrodo, electrolitos y mecanismos de degradación
- Materiales fotovoltaicos: celdas solares de silicio, de perovskita y de tercera generación
- Supercapacitores: materiales de doble capa eléctrica y pseudocapacitivos para la ingeniería de potencia
- Componentes de pilas de combustible: membranas de intercambio de protones y electrocatalizadores para ingeniería energética
- Materiales para el almacenamiento sólido de hidrógeno como vector energético en ingeniería

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir los mecanismos de carga y descarga en baterías de iones de litio y relacionarlos con el desempeño de ingeniería [Familiarizarse]
2. Evaluar las ventajas y los desafíos de estabilidad de las celdas solares de perovskita para su despliegue en ingeniería [Evaluar]

3. Diseñar arquitecturas de electrodo para mejorar la densidad de energía de supercapacitores en sistemas de potencia de ingeniería [Usar]
4. Analizar la eficiencia y durabilidad de electrocatalizadores para las reacciones de hidrógeno y oxígeno en pilas de combustible [Evaluar]

4.18. Teoría de la Probabilidad (PRO)

Esta área de conocimiento cubre los fundamentos matemáticos de la probabilidad, incluyendo espacios muestrales, variables aleatorias, distribuciones de probabilidad, distribuciones conjuntas, momentos, transformaciones y los teoremas límite fundamentales. Proporciona la base teórica para toda la inferencia estadística y el modelado.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.18.1 Espacios Muestrales y Eventos (Pág. 170)	1	1
⭐ 4.18.2 Axiomas y Propiedades de la Probabilidad (Pág. 170)	1	1
⭐ 4.18.3 Probabilidad Condicional e Independencia (Pág. 171)	1	1
⭐ 4.18.4 Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones (Pág. 171)	1	1
⭐ 4.18.5 Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones (Pág. 171)	1	1
⭐ 4.18.6 Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales (Pág. 172)	1	1
⭐ 4.18.7 Teoremas Límite: LGN y TCL (Pág. 172)	1	1

Cuadro 4.18: Lista de KUs del área de Teoría de la Probabilidad.

4.18.1. PRO/Espacios Muestrales y Eventos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Definición formal de experimentos aleatorios, espacios muestrales y eventos. Cubre las operaciones de teoría de conjuntos sobre eventos y la construcción de sigma-álgebras como fundamento de la teoría de la probabilidad.

Temas:

Core

- Experimentos aleatorios, resultados y espacios muestrales: finitos, contables e incontables
- Operaciones de teoría de conjuntos sobre eventos: unión, intersección, complemento y leyes de De Morgan
- Sigma-álgebras y espacios medibles como fundamento de la probabilidad rigurosa
- Conjuntos de Borel y la sigma-álgebra de Borel sobre la recta real

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Definir espacios muestrales, eventos y sigma-álgebras para un experimento aleatorio dado [Familiarizarse]
2. Aplicar operaciones de teoría de conjuntos para calcular probabilidades de eventos compuestos [Usar]
3. Construir sigma-álgebras apropiadas para espacios medibles que surgen en problemas estadísticos [Evaluar]

4.18.2. PRO/Axiomas y Propiedades de la Probabilidad (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Axiomas de probabilidad de Kolmogorov y propiedades derivadas. Cubre las interpretaciones clásica, frecuentista y subjetiva de la probabilidad y sus implicaciones.

Temas:

Core

- Los tres axiomas de probabilidad de Kolmogorov y sus consecuencias
- Propiedades derivadas: regla del complemento, regla de la adición, monotonicidad y continuidad de la probabilidad
- Interpretaciones clásica, frecuentista y subjetiva (bayesiana) de la probabilidad

- Métodos de conteo: permutaciones, combinaciones y el principio de multiplicación

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Enunciar los axiomas de Kolmogorov y derivar propiedades fundamentales de la probabilidad [Familiarizarse]
2. Calcular probabilidades de eventos utilizando la regla de la adición y la regla del complemento [Usar]
3. Aplicar métodos de conteo para calcular probabilidades en espacios muestrales finitos [Usar]

4.18.3. PRO/Probabilidad Condicional e Independencia (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Probabilidad condicional, regla de la multiplicación, ley de la probabilidad total, teorema de Bayes y el concepto de independencia entre eventos y colecciones de eventos.

Temas:
Core

- Definición e interpretación de la probabilidad condicional P(A|B) y sus propiedades
- Teorema de Bayes y ley de la probabilidad total: derivación y aplicaciones
- Independencia de eventos: independencia por pares e independencia mutua
- Independencia condicional y su papel en los modelos gráficos probabilísticos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la probabilidad condicional y la independencia y su relación [Familiarizarse]
2. Aplicar el teorema de Bayes y la ley de la probabilidad total para resolver problemas de probabilidad [Usar]
3. Analizar si los eventos son independientes o condicionalmente independientes en un modelo de probabilidad dado [Evaluar]

4.18.4. PRO/Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Variables aleatorias como funciones medibles, funciones de masa de probabilidad, funciones de distribución acumulada y las distribuciones de probabilidad discretas más importantes.

Temas:
Core

- Funciones de masa de probabilidad (FMP) y funciones de distribución acumulada (FDA) para variables aleatorias discretas
- Distribuciones discretas clave: Bernoulli, Binomial, Geométrica, Binomial Negativa, Poisson, Hipergeométrica
- Propiedades de las distribuciones discretas: media, varianza, asimetría y curtosis
- Aproximación de Poisson a la Binomial y argumentos de distribución límite

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar y describir las principales distribuciones de probabilidad discretas y sus parámetros [Familiarizarse]
2. Calcular probabilidades, medias y varianzas utilizando las FMP de distribuciones discretas estándar [Usar]
3. Seleccionar una distribución discreta apropiada para modelar un fenómeno aleatorio dado y justificar la elección [Evaluar]

4.18.5. PRO/Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Funciones de densidad de probabilidad, FDA y las distribuciones de probabilidad continuas más importantes utilizadas en la teoría y práctica estadística.

Temas:
Core

- Funciones de densidad de probabilidad (FDP) y FDA para variables aleatorias continuas
- Distribuciones continuas clave: Uniforme, Normal, Exponencial, Gamma, Beta, Chi-cuadrado, t, F
- La distribución Normal: propiedades, normal estándar y su papel central en la inferencia estadística
- La familia exponencial de distribuciones: forma canónica y estadísticos suficientes

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las propiedades y parámetros de las principales distribuciones de probabilidad continuas [Familiarizarse]
2. Calcular probabilidades y cuantiles para distribuciones continuas estándar [Usar]
3. Identificar distribuciones pertenecientes a la familia exponencial y derivar sus estadísticos suficientes [Evaluar]

4.18.6. PRO/Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Distribuciones conjuntas de múltiples variables aleatorias, distribuciones marginales y condicionales, covarianza, correlación y la distribución normal bivariada.
Temas:
Core

- FMP y FDP conjuntas para dos o más variables aleatorias
- Distribuciones marginales y condicionales derivadas de distribuciones conjuntas
- Covarianza, correlación y sus propiedades; la independencia implica covarianza cero (el recíproco no siempre es cierto)
- La distribución normal bivariada y sus distribuciones condicionales

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Derivar distribuciones marginales y condicionales a partir de una distribución conjunta dada [Usar]
2. Calcular la covarianza y correlación entre dos variables aleatorias [Usar]
3. Analizar la estructura condicional de la distribución normal bivariada [Evaluar]

4.18.7. PRO/Teoremas Límite: LGN y TCL (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Las leyes de los grandes números y el teorema central del límite como justificación matemática de los procedimientos de estimación e inferencia estadística basados en muestras grandes.
Temas:
Core

- Ley débil de los grandes números: convergencia en probabilidad y sus implicaciones para la estimación
- Teorema central del límite: enunciado, condiciones y papel en la justificación de aproximaciones normales
- Aplicaciones del TCL: aproximación normal a la binomial y distribuciones muestrales
- Ley fuerte de los grandes números: convergencia casi segura
- El método delta: distribución asintótica de funciones suaves de estimadores

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Enunciar la LGN y el TCL y explicar las condiciones bajo las cuales se cumplen [Familiarizarse]
2. Aplicar el TCL para derivar aproximaciones normales y distribuciones muestrales [Usar]
3. Aplicar el método delta para derivar distribuciones asintóticas de estimadores no lineales [Evaluar]

4.19. Estadística Descriptiva y Análisis de Datos (DSC)

Esta área de conocimiento cubre los métodos para resumir, visualizar y explorar datos. Incluye resúmenes numéricos y gráficos, análisis exploratorio de datos, evaluación de la calidad de los datos y comunicación de hallazgos estadísticos.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.19.1 Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma (Pág. 173)	1	1

Cuadro 4.19: Lista de KUs del área de Estadística Descriptiva y Análisis de Datos.

4.19.1. DSC/Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Medidas de tendencia central, dispersión y forma distribucional. Incluye alternativas robustas e interpretación de los resúmenes numéricos en contexto.
Temas:
Core

- Medidas de posición: media, mediana, moda, media recortada y media ponderada
- Medidas de dispersión: varianza, desviación estándar, RIQ, MAD y rango
- Medidas de forma: asimetría y curtosis; cuantiles y percentiles
- Estadísticas de resumen robustas: resistencia a valores atípicos y distribuciones de colas pesadas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular e interpretar medidas de posición, dispersión y forma para un conjunto de datos univariado [Usar]
2. Seleccionar estadísticas de resumen apropiadas según las propiedades distribucionales de los datos [Usar]
3. Comparar estadísticas de resumen clásicas y robustas y justificar la elección para un conjunto de datos dado [Evaluar]

4.20. Inferencia Estadística (INF)

Esta área de conocimiento cubre los fundamentos y métodos de la inferencia estadística: estimación puntual e intervalar, pruebas de hipótesis, teoría de la verosimilitud, inferencia bayesiana, métodos no paramétricos, pruebas múltiples y teoría de gran muestra. Es el núcleo de la estadística clásica y moderna.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.20.1 Estimación Puntual (Pág. 173)	1	1
⭐ 4.20.2 Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza (Pág. 174)	1	1
⭐ 4.20.3 Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis (Pág. 174)	1	1
⭐ 4.20.4 Inferencia Bayesiana (Pág. 174)	1	1

Cuadro 4.20: Lista de KUs del área de Inferencia Estadística.

4.20.1. INF/Estimación Puntual (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Métodos para estimar parámetros desconocidos a partir de datos. Cubre propiedades deseables de los estimadores, método de momentos, estimación de máxima verosimilitud y la cota inferior de Cramér-Rao.
Temas:
Core

- Propiedades deseables: insesgamiento, consistencia, eficiencia y suficiencia

- Estimación por método de momentos: derivación y propiedades asintóticas
- Estimación de máxima verosimilitud: derivación, propiedades y principio de invarianza
- Cota inferior de Cramér-Rao y el concepto de información de Fisher

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las propiedades clave de los estimadores y explicar las concesiones entre ellas [Familiarizarse]
2. Derivar estimadores por método de momentos y de máxima verosimilitud para distribuciones estándar [Usar]
3. Evaluar la eficiencia de un estimador usando la cota inferior de Cramér-Rao [Evaluar]

4.20.2. INF/Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Construcción e interpretación de intervalos de confianza. Cubre el método de la cantidad pivote, intervalos para muestras grandes y la relación entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis.
Temas:
Core

- Construcción de intervalos de confianza mediante cantidades pivote y distribuciones exactas
- Interpretación correcta de los intervalos de confianza: probabilidad de cobertura y errores conceptuales comunes
- Intervalos de confianza para muestras grandes basados en normalidad asintótica
- Dualidad entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Construir intervalos de confianza para medias, proporciones y varianzas usando métodos exactos y de gran muestra [Usar]
2. Interpretar correctamente los intervalos de confianza e identificar interpretaciones erróneas comunes [Usar]
3. Explicar la dualidad entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis y utilizarla para extraer inferencias [Evaluar]

4.20.3. INF/Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El marco de Neyman-Pearson para las pruebas de hipótesis: hipótesis nula y alternativa, errores tipo I y II, potencia, valores p y las pruebas más poderosas.
Temas:
Core

- Marco de Neyman-Pearson: hipótesis nula y alternativa, regiones de rechazo, errores tipo I y II
- Valores p: definición, interpretación correcta y usos incorrectos comunes; potencia y tamaño de muestra
- Pruebas paramétricas comunes: prueba z, prueba t, prueba F y prueba ji-cuadrada
- Lema de Neyman-Pearson y pruebas uniformemente más poderosas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar la lógica de las pruebas de hipótesis, los errores tipo I y II y el significado de un valor p [Familiarizarse]
2. Aplicar pruebas paramétricas estándar e interpretar los resultados en contexto [Usar]
3. Derivar la prueba más poderosa para una hipótesis simple usando el lema de Neyman-Pearson [Evaluar]

4.20.4. INF/Inferencia Bayesiana (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El enfoque bayesiano de la inferencia estadística: distribuciones a priori, verosimilitud, distribuciones a posteriori, intervalos de credibilidad y teoría de decisión bayesiana.

Temas:
Core

- Marco bayesiano: a priori, verosimilitud, a posteriori y el papel del teorema de Bayes
- Distribuciones a priori: informativas, no informativas y conjugadas
- Inferencia a posteriori: estimaciones puntuales, intervalos de credibilidad y distribuciones predictivas a posteriori
- Comparación de modelos bayesianos: factores de Bayes y probabilidades a posteriori de modelos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el enfoque bayesiano de la inferencia y contrastarlo con el enfoque frecuentista [Familiarizarse]
2. Derivar la distribución a posteriori para modelos conjugados estándar [Usar]
3. Aplicar factores de Bayes para comparar modelos estadísticos e interpretar la evidencia [Evaluar]

4.21. Regresión y Modelos Estadísticos (REG)

Esta área de conocimiento cubre la construcción, estimación, interpretación y validación de modelos estadísticos para relaciones entre variables. Abarca la regresión lineal simple y múltiple, modelos lineales generalizados, regresión no paramétrica, modelos mixtos e inferencia causal.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 4.21.1 Regresión Lineal Simple (Pág. 175)	1	1

Cuadro 4.21: Lista de KUs del área de Regresión y Modelos Estadísticos.

4.21.1. REG/Regresión Lineal Simple (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

El modelo de regresión lineal simple: estimación por mínimos cuadrados, inferencia sobre coeficientes, bondad de ajuste y los supuestos del modelo lineal clásico.
Temas:
Core

- Estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO): derivación de coeficientes y sus propiedades
- Inferencia sobre coeficientes de regresión: pruebas t, intervalos de confianza y valores p
- Coeficiente de determinación R-cuadrado y descomposición de la varianza mediante análisis de varianza
- Teorema de Gauss-Markov: propiedad MELI del MCO bajo supuestos clásicos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Ajustar un modelo de regresión lineal simple e interpretar los coeficientes estimados [Usar]
2. Realizar pruebas de hipótesis y construir intervalos de confianza para parámetros de regresión [Usar]
3. Verificar los supuestos de Gauss-Markov y evaluar las consecuencias cuando se violan [Evaluar]

Capítulo 5

Cuerpo del conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*)

Las 9 áreas de conocimiento en Gerencia de Proyectos (*Project Management*) son:

5.1 Principios de Gestión de Proyectos (PR) (Pág. 178)
- 5.1.1 Mayordomía (Pág. 178)
- 5.1.2 Crear un Entorno Colaborativo en el Equipo de Proyecto (Pág. 178)
- 5.1.3 Involucrar Efectivamente a los Interesados (Pág. 179)
- 5.1.4 Enfocarse en el Valor (Pág. 179)
- 5.1.5 Reconocer, Evaluar y Responder a las Interacciones del Sistema (Pág. 180)
- 5.1.6 Demostrar Comportamientos de Liderazgo (Pág. 180)
- 5.1.7 Adaptar según el Contexto (Pág. 180)
- 5.1.8 Incorporar la Calidad en los Procesos y Entregables (Pág. 181)
- 5.1.9 Navegar la Complejidad (Pág. 181)
- 5.1.10 Optimizar las Respuestas al Riesgo (Pág. 182)
- 5.1.11 Adoptar la Adaptabilidad y la Resiliencia (Pág. 182)
- 5.1.12 Habilitar el Cambio para Alcanzar el Estado Futuro Previsto (Pág. 182)

5.2 Interesados (ST) (Pág. 183)
- 5.2.1 Identificación y Análisis de Interesados (Pág. 183)
- 5.2.2 Planificación del Involucramiento de los Interesados (Pág. 183)
- 5.2.3 Comunicación y Relaciones con los Interesados (Pág. 184)
- 5.2.4 Gestión de las Expectativas de los Interesados (Pág. 184)
- 5.2.5 Influencia y Poder de los Interesados (Pág. 185)
- 5.2.6 Conflicto y Negociación con los Interesados (Pág. 185)
- 5.2.7 Monitoreo del Involucramiento de los Interesados (Pág. 185)

5.3 Equipo (TM) (Pág. 186)
- 5.3.1 Cultura del Equipo de Proyecto (Pág. 186)
- 5.3.2 Estilos de Liderazgo del Equipo (Pág. 186)
- 5.3.3 Desarrollo y Rendimiento del Equipo (Pág. 187)
- 5.3.4 Motivación y Empoderamiento (Pág. 187)
- 5.3.5 Colaboración y Construcción de Confianza (Pág. 188)
- 5.3.6 Equipos Distribuidos y Virtuales (Pág. 188)
- 5.3.7 ética y Conducta Profesional (Pág. 188)

5.4 Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida (DL) (Pág. 189)
- 5.4.1 Actividades de Inicio y Cierre (Pág. 189)
- 5.4.2 Selección del Enfoque de Desarrollo (Pág. 189)
- 5.4.3 Enfoque Predictivo (Pág. 190)
- 5.4.4 Enfoque Adaptativo (Pág. 190)
- 5.4.5 Enfoque Híbrido (Pág. 191)
- 5.4.6 Estructura de Fases del Proyecto (Pág. 191)
- 5.4.7 Adaptación del Enfoque de Desarrollo (Pág. 191)

5.5 Planificación (PL) (Pág. 192)
- 5.5.1 Principios de Planificación (Pág. 192)
- 5.5.2 Planificación del Alcance y los Requisitos (Pág. 192)
- 5.5.3 Planificación del Cronograma (Pág. 193)
- 5.5.4 Planificación de Costos y Presupuesto (Pág. 193)
- 5.5.5 Planificación de Recursos (Pág. 194)
- 5.5.6 Planificación de la Calidad (Pág. 194)
- 5.5.7 Planificación del Riesgo y la Incertidumbre (Pág. 194)
- 5.5.8 Planificación de las Comunicaciones y el Involucramiento de los Interesados (Pág. 195)
- 5.5.9 Planificación de las Adquisiciones (Pág. 195)
- 5.5.10 Planificación Integrada del Proyecto (Pág. 195)

5.6 Trabajo del Proyecto (PW) (Pág. 196)
- 5.6.1 Gestión de los Artefactos del Proyecto (Pág. 196)
- 5.6.2 Comunicación y Gestión del Conocimiento (Pág. 196)
- 5.6.3 Involucramiento del Equipo Durante la Ejecución (Pág. 197)
- 5.6.4 Involucramiento de los Interesados Durante la Ejecución (Pág. 197)
- 5.6.5 Gestión de los Recursos Físicos (Pág. 198)
- 5.6.6 Trabajo con las Adquisiciones (Pág. 198)
- 5.6.7 Monitoreo y Adaptación del Trabajo (Pág. 198)

5.7 Entrega (DV) (Pág. 199)
- 5.7.1 Definición y Entrega de Valor (Pág. 199)
- 5.7.2 Entrega de Requisitos y Alcance (Pág. 199)
- 5.7.3 Aseguramiento de la Calidad y Entrega (Pág. 200)
- 5.7.4 Entrega Incremental e Iterativa (Pág. 200)
- 5.7.5 Transición y Entrega (Pág. 201)
- 5.7.6 Gestión de la Realización de Beneficios (Pág. 201)
- 5.7.7 Satisfacción del Cliente y el Usuario (Pág. 201)

5.8 Medición (MS) (Pág. 202)
- 5.8.1 Indicadores Clave de Rendimiento (Pág. 202)
- 5.8.2 Tableros de Control y Radiadores de Información (Pág. 202)
- 5.8.3 Propósito y Enfoque de la Medición (Pág. 203)
- 5.8.4 Valor Ganado y Rendimiento del Cronograma (Pág. 203)
- 5.8.5 Pronósticos y Tendencias (Pág. 204)
- 5.8.6 Informes de Rendimiento para los Interesados (Pág. 204)
- 5.8.7 Lecciones Aprendidas y Captura de Conocimiento (Pág. 204)

5.9 Incertidumbre (UN) (Pág. 205)
- 5.9.1 Comprensión de la Incertidumbre y el Riesgo (Pág. 205)
- 5.9.2 Identificación y Evaluación del Riesgo (Pág. 206)
- 5.9.3 Respuesta a Amenazas y Oportunidades (Pág. 206)
- 5.9.4 Gestión de la Ambigüedad (Pág. 206)
- 5.9.5 Gestión de la Complejidad (Pág. 207)
- 5.9.6 Estrategias de Volatilidad y Resiliencia (Pág. 207)
- 5.9.7 Monitoreo y Adaptación a la Incertidumbre (Pág. 208)

5.1. Principios de Gestión de Proyectos (PR)

Esta área de conocimiento cubre los doce principios fundamentales introducidos en el PMBoK 7.ª edición (2021). Estos principios no son reglas prescriptivas, sino comportamientos y valores orientadores que los practicantes utilizan para navegar las decisiones del proyecto. Proporcionan la base ética y profesional para todos los dominios de desempeño de la gestión de proyectos.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.1.1 Mayordomía (Pág. 178)	Electivo	
5.1.2 Crear un Entorno Colaborativo en el Equipo de Proyecto (Pág. 178)	Electivo	
5.1.3 Involucrar Efectivamente a los Interesados (Pág. 179)	Electivo	
5.1.4 Enfocarse en el Valor (Pág. 179)	Electivo	
5.1.5 Reconocer, Evaluar y Responder a las Interacciones del Sistema (Pág. 180)	Electivo	
5.1.6 Demostrar Comportamientos de Liderazgo (Pág. 180)	Electivo	
5.1.7 Adaptar según el Contexto (Pág. 180)	Electivo	
5.1.8 Incorporar la Calidad en los Procesos y Entregables (Pág. 181)	Electivo	
5.1.9 Navegar la Complejidad (Pág. 181)	Electivo	
5.1.10 Optimizar las Respuestas al Riesgo (Pág. 182)	Electivo	
5.1.11 Adoptar la Adaptabilidad y la Resiliencia (Pág. 182)	Electivo	
5.1.12 Habilitar el Cambio para Alcanzar el Estado Futuro Previsto (Pág. 182)	Electivo	

Cuadro 5.1: Lista de KUs del área de Principios de Gestión de Proyectos.

5.1.1. PR/Mayordomía

Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso. Los practicantes de proyectos actúan como administradores de la organización, el equipo del proyecto, los interesados y el entorno más amplio, equilibrando los factores organizacionales y externos de manera responsable y ética.

Temas:

Core

- Conducta responsable y ética como fundamento de la mayordomía
- Actuar como administrador de los recursos organizacionales: financieros, humanos, materiales e intelectuales
- Mayordomía del entorno externo: sostenibilidad, impacto comunitario y responsabilidad social
- Transparencia, rendición de cuentas e informes honestos como comportamientos de mayordomía
- Pensamiento a largo plazo: equilibrar las necesidades inmediatas del proyecto con los resultados organizacionales y sociales a largo plazo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir el concepto de mayordomía y su aplicación a las responsabilidades de la gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Aplicar los principios de mayordomía para tomar decisiones responsables sobre recursos y ética en el contexto de un proyecto [Usar]
3. Evaluar las decisiones del proyecto desde la perspectiva de la mayordomía hacia la organización, los interesados y la sociedad [Evaluar]

5.1.2. PR/Crear un Entorno Colaborativo en el Equipo de Proyecto

Construir un entorno de equipo caracterizado por la propiedad compartida, el respeto mutuo y la toma de decisiones colaborativa. Este principio enfatiza que los resultados del proyecto emergen del esfuerzo colectivo del equipo en lugar de gestas individuales.

Temas:

Core

- Propiedad compartida de los objetivos y resultados del proyecto dentro del equipo

- Seguridad psicológica: crear un entorno donde los miembros del equipo puedan contribuir con ideas y plantear preocupaciones sin temor
- Toma de decisiones colaborativa y participación inclusiva
- Claridad de roles, responsabilidades y rendición de cuentas dentro del equipo
- Aprovechar la diversidad y la inclusión para la creatividad y la resolución de problemas del equipo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar cómo un entorno de equipo colaborativo contribuye al éxito del proyecto [Familiarizarse]
2. Fomentar la propiedad compartida y la seguridad psicológica dentro de un equipo de proyecto [Usar]
3. Diseñar prácticas que promuevan la inclusión y la toma de decisiones colaborativa en un equipo de proyecto [Evaluar]

5.1.3. PR/Involucrar Efectivamente a los Interesados

Involucrarse proactivamente con los interesados para comprender sus necesidades, intereses y preocupaciones, e involucrarlos en las decisiones del proyecto. El involucramiento efectivo de los interesados aumenta la probabilidad de entregar valor y lograr el éxito del proyecto.
Temas:
Core

- Involucramiento proactivo de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto
- Comprensión de los intereses, necesidades, expectativas e impacto potencial de los interesados
- Comunicación bidireccional y ciclos de retroalimentación con los interesados
- Adaptar las estrategias de involucramiento a las necesidades cambiantes de los interesados y al contexto del proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir la importancia del involucramiento proactivo de los interesados como principio de gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Aplicar estrategias de involucramiento de interesados que promuevan la comunicación bidireccional y el entendimiento compartido [Usar]
3. Evaluar la efectividad de los enfoques de involucramiento de interesados y proponer mejoras [Evaluar]

5.1.4. PR/Enfocarse en el Valor

Evaluar y ajustar continuamente la alineación del proyecto con los resultados empresariales y los beneficios previstos. El valor es el indicador definitivo del éxito del proyecto y puede definirse de manera diferente por distintos interesados a lo largo del proyecto.
Temas:
Core

- Definición de valor: beneficios tangibles e intangibles, resultados empresariales y satisfacción de los interesados
- Alinear continuamente el trabajo del proyecto con el valor previsto y el caso de negocio
- Realización de beneficios: asegurar que los resultados entregados se traduzcan en valor organizacional real
- Distinguir entre entregar alcance y entregar valor
- Estrategias para la entrega temprana e incremental de valor

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir el valor en el contexto de un proyecto e identificar cómo difiere según los interesados [Familiarizarse]
2. Alinear las decisiones y compensaciones del proyecto con el valor previsto y los resultados empresariales [Usar]

3. Evaluar si la trayectoria actual del proyecto está entregando el valor esperado y proponer ajustes [Evaluar]

5.1.5. PR/Reconocer, Evaluar y Responder a las Interacciones del Sistema

Comprender los proyectos como componentes de un sistema más amplio con interdependencias, ciclos de retroalimentación y comportamientos emergentes. El pensamiento sistémico ayuda a los practicantes a anticipar efectos de segundo orden y tomar mejores decisiones.

Temas:

Core

- Fundamentos del pensamiento sistémico: interdependencias, ciclos de retroalimentación y comportamientos emergentes
- El proyecto como sistema integrado en sistemas organizacionales y ambientales más amplios
- Anticipar los efectos de segundo orden de las decisiones del proyecto sobre el sistema más amplio
- Mapeo de sistemas: visualizar interdependencias y relaciones de influencia

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar cómo el pensamiento sistémico se aplica a la toma de decisiones en la gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Analizar una situación de proyecto utilizando el pensamiento sistémico para identificar interdependencias y efectos de segundo orden [Usar]
3. Aplicar el mapeo de sistemas para visualizar las relaciones entre un proyecto y su entorno organizacional [Evaluar]

5.1.6. PR/Demostrar Comportamientos de Liderazgo

Demostrar y adaptar comportamientos de liderazgo para apoyar las necesidades individuales y del equipo. El liderazgo efectivo en la gestión de proyectos no está ligado a un rol formal - cualquier miembro del equipo puede y debe demostrar liderazgo.

Temas:

Core

- Distinción entre liderazgo y gestión en contextos de proyectos
- Liderazgo adaptativo: ajustar el estilo al contexto, la madurez del equipo y las necesidades situacionales
- Liderazgo de servicio: priorizar las necesidades del equipo y eliminar obstáculos para el rendimiento
- Comportamientos clave de liderazgo: visión, influencia, empatía, integridad y decisión
- Liderazgo compartido y distribuido: empoderar a los miembros del equipo para liderar en su dominio

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los comportamientos de liderazgo clave esperados de los practicantes de proyectos independientemente de su rol [Familiarizarse]
2. Demostrar comportamientos de liderazgo adaptativo apropiados para una situación dada del equipo de proyecto [Usar]
3. Evaluar el clima de liderazgo de un equipo de proyecto y proponer intervenciones para fortalecerlo [Evaluar]

5.1.7. PR/Adaptar según el Contexto

Adaptar el enfoque, la gobernanza y los procesos del proyecto para ajustarse al contexto específico del proyecto. La adaptación reconoce que ninguna metodología única se ajusta a todos los proyectos, y que los practicantes efectivos seleccionan y adaptan su enfoque deliberadamente.

Temas:

Core

- El concepto de adaptación: ajustar marcos de trabajo, métodos y procesos al contexto
- Factores que influyen en la adaptación: tamaño, complejidad, incertidumbre, madurez del equipo y cultura organizacional
- Adaptación de estructuras de gobernanza: niveles de aprobación, requisitos de reporte y autoridades de decisión
- Adaptar el ciclo de vida y el enfoque de desarrollo a las necesidades específicas del proyecto
- Reevaluar y ajustar continuamente las decisiones de adaptación a medida que evoluciona el proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar el propósito de la adaptación y por qué un enfoque único es insuficiente en la gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Aplicar criterios de adaptación para seleccionar un enfoque de proyecto apropiado para un contexto dado [Usar]
3. Diseñar una estructura de gobernanza de proyecto adaptada apropiada para la complejidad y el perfil de riesgo de un proyecto específico [Evaluar]

5.1.8. PR/Incorporar la Calidad en los Procesos y Entregables

Mantener el enfoque en la calidad a lo largo del proyecto incorporándola en los procesos y entregables en lugar de inspeccionar la calidad después del hecho. La calidad se define por cumplir los requisitos y la idoneidad para el propósito según la percepción de los interesados.
Temas:
Core

- Definición de calidad: cumplimiento de requisitos, idoneidad para el propósito y satisfacción de los interesados
- Incorporar la calidad: prevención sobre inspección, pruebas shift-left y mejora continua
- Calidad en los procesos: ejecución consistente, repetibilidad y mejora de procesos
- Equilibrar el costo de la calidad con el costo de la mala calidad

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el principio de incorporar la calidad en los procesos y entregables del proyecto [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas de calidad incorporada para integrar puntos de control de calidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto [Usar]
3. Evaluar la compensación entre la inversión en calidad y el costo de la mala calidad en un escenario de proyecto [Evaluar]

5.1.9. PR/Navegar la Complejidad

Utilizar conocimientos, experiencia y aprendizaje para navegar la complejidad a lo largo del proyecto. La complejidad surge del comportamiento humano, las interacciones del sistema y la incertidumbre, y no puede eliminarse sino que debe gestionarse adaptativamente.
Temas:
Core

- Definición de complejidad: distinción de lo complicado, fuentes de complejidad en los proyectos
- Marco Cynefin: dominios simple, complicado, complejo y caótico
- Indicadores de complejidad del proyecto: interdependencias, ambigüedad, incertidumbre e innovación
- Estrategias para navegar la complejidad: enfoques iterativos, experimentación y soluciones emergentes
- Construir resiliencia del equipo y organizacional para gestionar la complejidad continua

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir la naturaleza y las fuentes de complejidad en los entornos de proyectos [Familiarizarse]

2. Aplicar el marco Cynefin para clasificar una situación de proyecto y seleccionar un enfoque de respuesta apropiado [Usar]
3. Desarrollar estrategias para navegar una situación de proyecto compleja específica [Evaluar]

5.1.10. PR/Optimizar las Respuestas al Riesgo

Evaluar constantemente la exposición tanto a amenazas como a oportunidades, y optimizar las respuestas al riesgo para maximizar los resultados positivos y minimizar los impactos negativos. La optimización del riesgo es una actividad continua, no un paso puntual de planificación.

Temas:

Core

- Ver el riesgo como amenaza y oportunidad: mentalidad equilibrada ante el riesgo
- Evaluación continua del riesgo a lo largo del ciclo de vida del proyecto
- Optimizar las respuestas al riesgo: proporcionalidad, rentabilidad y oportunidad
- Construir una cultura consciente del riesgo: comunicación abierta sobre riesgos en todos los niveles

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Explicar el principio de optimizar las respuestas al riesgo incluyendo tanto amenazas como oportunidades [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas de evaluación continua del riesgo para identificar y responder a riesgos emergentes [Usar]
3. Evaluar la proporcionalidad y la rentabilidad de un conjunto de respuestas al riesgo [Evaluar]

5.1.11. PR/Adoptar la Adaptabilidad y la Resiliencia

Incorporar adaptabilidad y resiliencia en el proyecto y el equipo para absorber los impactos del cambio y las interrupciones. Los equipos adaptables responden eficazmente a los requisitos cambiantes, los eventos inesperados y la información emergente.

Temas:

Core

- Adaptabilidad: la capacidad de responder eficazmente a los cambios en el entorno del proyecto
- Resiliencia: la capacidad de absorber interrupciones y recuperarse sin pérdida de función
- Construir la disposición al cambio en los equipos: mentalidad flexible, versatilidad de habilidades y comunicación abierta
- Resiliencia organizacional y su relación con la adaptabilidad del proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Distinguir entre adaptabilidad y resiliencia y explicar su importancia en la gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas que construyan la adaptabilidad del equipo y la disposición al cambio en un entorno de proyecto [Usar]
3. Diseñar una estrategia de resiliencia para un equipo de proyecto que opera en un entorno altamente volátil [Evaluar]

5.1.12. PR/Habilitar el Cambio para Alcanzar el Estado Futuro Previsto

Preparar a los afectados por el proyecto para la transición del estado actual al estado futuro. Los proyectos crean cambio, y habilitar ese cambio requiere una gestión del cambio estructurada integrada con la entrega del proyecto.

Temas:

Core

- Fundamentos de la gestión del cambio: estado actual, estado de transición y estado futuro
- Evaluar y construir la disposición de los interesados para el cambio organizacional
- Comprender y gestionar la resistencia al cambio en transformaciones impulsadas por proyectos
- Modelos de gestión del cambio: Kotter de 8 pasos, ADKAR y Prosci

- Incorporar y sostener el cambio después de la finalización del proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el rol de la gestión del cambio como parte integral de la entrega del proyecto [Familiarizarse]
2. Aplicar un modelo de gestión del cambio para planificar y ejecutar una transición organizacional impulsada por un proyecto [Usar]
3. Evaluar la disposición de los interesados para el cambio y diseñar intervenciones para reducir la resistencia [Evaluar]

5.2. Interesados (ST)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con los interesados a lo largo del proyecto. El involucramiento efectivo de los interesados requiere comprender quiénes son, qué necesitan y cómo involucrarlos para maximizar el valor del proyecto y minimizar la resistencia.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.2.1 Identificación y Análisis de Interesados (Pág. 183)	Electivo	
5.2.2 Planificación del Involucramiento de los Interesados (Pág. 183)	Electivo	
5.2.3 Comunicación y Relaciones con los Interesados (Pág. 184)	Electivo	
5.2.4 Gestión de las Expectativas de los Interesados (Pág. 184)	Electivo	
5.2.5 Influencia y Poder de los Interesados (Pág. 185)	Electivo	
5.2.6 Conflicto y Negociación con los Interesados (Pág. 185)	Electivo	
5.2.7 Monitoreo del Involucramiento de los Interesados (Pág. 185)	Electivo	

Cuadro 5.2: Lista de KUs del área de Interesados.

5.2.1. ST/Identificación y Análisis de Interesados

Identificar a todos los individuos, grupos y organizaciones que podrían impactar o ser impactados por el proyecto, y analizar sus intereses, poder y niveles de involucramiento.
Temas:
Core

- Técnicas de identificación de interesados: lluvia de ideas, organigramas, entrevistas con expertos
- Registro de interesados: captura de datos de identificación, evaluación y clasificación
- Cuadrícula de poder/interés y modelo de prominencia para la priorización de interesados
- Monitorear los cambios en el panorama de interesados a lo largo del proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar y documentar los interesados del proyecto utilizando técnicas estructuradas de identificación y análisis [Usar]
2. Clasificar y priorizar los interesados utilizando una cuadrícula de poder/interés [Usar]
3. Monitorear los cambios en el panorama de interesados y actualizar el registro de interesados en consecuencia [Evaluar]

5.2.2. ST/Planificación del Involucramiento de los Interesados

Desarrollar estrategias y acciones para promover la participación productiva de los interesados basándose en el análisis de sus necesidades, intereses y niveles actuales de involucramiento.
Temas:
Core

- Matriz de evaluación del involucramiento: niveles actuales vs. deseados de involucramiento
- Estrategias de involucramiento adaptadas para diferentes perfiles y niveles de involucramiento de interesados

- Integrar la planificación del involucramiento de interesados con el enfoque de gestión de las comunicaciones
- Reviewing and updating the engagement plan at key project milestones and phase transitions

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Desarrollar un plan de involucramiento de interesados con estrategias adaptadas para cada grupo clave [Usar]
2. Integrar la planificación del involucramiento de interesados con los enfoques de comunicaciones y gestión del cambio [Evaluar]
3. Evaluate the adequacy of a stakeholder engagement plan against project complexity and stakeholder diversity [Evaluar]

5.2.3. ST/Comunicación y Relaciones con los Interesados

Construir y mantener relaciones productivas con los interesados mediante comunicación consistente y orientada. Cubre la escucha activa, los mecanismos de retroalimentación y la construcción de confianza.

Temas:
Core

- Escucha activa y empatía como fundamentos de la construcción de relaciones con los interesados
- Mecanismos de retroalimentación: solicitar, procesar y actuar sobre la retroalimentación de los interesados
- Construir y mantener la confianza con grupos de interesados diversos
- Construir relaciones con interesados en entornos virtuales y distribuidos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar técnicas de escucha activa y retroalimentación para fortalecer las relaciones con los interesados [Usar]
2. Diseñar un enfoque de gestión de relaciones para un entorno de proyecto con múltiples interesados complejos [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of stakeholder communication strategies and recommend improvements [Evaluar]

5.2.4. ST/Gestión de las Expectativas de los Interesados

Alinear las expectativas de los interesados con el alcance, las restricciones y el valor previsto del proyecto. Gestionar proactivamente las expectativas previene el desalineamiento, reduce los conflictos y construye la satisfacción de los interesados.

Temas:
Core

- Alinear las expectativas de los interesados con la realidad del proyecto: límites de alcance, cronograma y valor
- Establecimiento proactivo de expectativas: comunicar temprana y claramente sobre restricciones y compensaciones
- Identificar y cerrar brechas de expectativas mediante negociación y redefinición del alcance
- Documenting agreed expectations in the project charter, scope baseline, and meeting records

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Alinear las expectativas de los interesados con el alcance y las restricciones del proyecto mediante comunicación proactiva [Usar]
2. Resolver brechas de expectativas de los interesados mediante negociación estructurada y análisis de compensaciones [Evaluar]
3. Design a proactive expectation management approach for a project with diverse and conflicting stakeholder needs [Evaluar]

5.2.5. ST/Influencia y Poder de los Interesados

Comprender y navegar el poder, la política y la influencia de los interesados para avanzar en los objetivos del proyecto. Incluye el uso ético de la influencia y la gestión de las dinámicas políticas.
Temas:
Core

- Dinámicas de poder en los proyectos: autoridad formal, poder experto, poder referente y control de recursos
- Navegar la política organizacional para avanzar en los objetivos del proyecto éticamente
- Influir sin autoridad formal: construcción de coaliciones, persuasión y negociación
- Building strategic alliances and sponsor relationships to advance project objectives

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Identificar las diferentes fuentes de poder de los interesados y sus implicaciones para la gestión de proyectos [Familiarizarse]
2. Aplicar estrategias de influencia ética para obtener el apoyo de los interesados sin autoridad formal [Evaluar]
3. Evaluate the ethical boundaries of influence strategies in a specific stakeholder and organizational context [Evaluar]

5.2.6. ST/Conflicto y Negociación con los Interesados

Identificar, abordar y resolver los conflictos de los interesados de manera constructiva. Cubre estrategias de negociación y rutas de escalamiento para disputas entre interesados.
Temas:
Core

- Fuentes de conflicto entre interesados: intereses en competencia, escasez de recursos y fallas de comunicación
- Estrategias de resolución de conflictos: colaborar, comprometer, acomodar, evitar, competir
- Negociación basada en principios: intereses vs. posiciones, MAAN y enfoque ganar-ganar
- Rutas de escalamiento y estructuras de gobernanza para conflictos de interesados no resueltos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar estrategias de resolución de conflictos para abordar una disputa entre interesados en un escenario de proyecto [Usar]
2. Negociar un acuerdo con los interesados utilizando técnicas de negociación basada en principios [Usar]
3. Diseñar una ruta de escalamiento para gestionar conflictos no resueltos entre interesados [Evaluar]

5.2.7. ST/Monitoreo del Involucramiento de los Interesados

Monitorear continuamente la efectividad del involucramiento de los interesados y ajustar las estrategias a medida que el proyecto evoluciona. Cubre métricas de involucramiento, análisis de retroalimentación y respuesta adaptativa.
Temas:
Core

- Métricas para medir la efectividad del involucramiento de interesados: tasas de participación, puntuaciones de retroalimentación, sentimiento
- Revisión periódica del involucramiento de interesados: actualización de la matriz de evaluación del involucramiento
- Señales de alerta temprana de desinvolucramiento o resistencia de los interesados
- Corrective actions for declining engagement: re-engagement workshops, escalation, and plan revision

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Monitorear el involucramiento de los interesados utilizando métricas definidas y actualizar las estrategias de involucramiento [Usar]
2. Identificar señales tempranas de desinvolucramiento de los interesados y proponer respuestas proactivas [Evaluar]
3. Evaluate the overall effectiveness of the stakeholder engagement approach and recommend adaptive changes [Evaluar]

5.3. Equipo (TM)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con las personas responsables de producir los resultados del proyecto. Enfatiza el liderazgo, la cultura del equipo, el desarrollo de habilidades y la creación de un entorno donde el equipo pueda desempeñarse al máximo.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.3.1 Cultura del Equipo de Proyecto (Pág. 186)	Electivo	
5.3.2 Estilos de Liderazgo del Equipo (Pág. 186)	Electivo	
5.3.3 Desarrollo y Rendimiento del Equipo (Pág. 187)	Electivo	
5.3.4 Motivación y Empoderamiento (Pág. 187)	Electivo	
5.3.5 Colaboración y Construcción de Confianza (Pág. 188)	Electivo	
5.3.6 Equipos Distribuidos y Virtuales (Pág. 188)	Electivo	
5.3.7 ética y Conducta Profesional (Pág. 188)	Electivo	

Cuadro 5.3: Lista de KUs del área de Equipo.

5.3.1. TM/Cultura del Equipo de Proyecto

Establecer y sostener una cultura de equipo saludable caracterizada por la confianza, la transparencia y los valores compartidos. La cultura configura cómo los equipos toman decisiones, resuelven conflictos y responden ante la adversidad.

Temas:

Core

- Definición de cultura de equipo: valores compartidos, normas, comportamientos y patrones de comunicación
- Seguridad psicológica: permitir el diálogo abierto, la experimentación y la retroalimentación honesta
- Construir confianza y transparencia como fundamentos de una cultura de equipo de alto rendimiento
- Relación entre la cultura del equipo y los resultados de desempeño del proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los elementos de una cultura de equipo de proyecto saludable y su impacto en el rendimiento [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas que construyan seguridad psicológica y confianza dentro de un equipo de proyecto [Usar]
3. Evaluar la cultura actual de un equipo de proyecto y proponer mejoras orientadas [Evaluar]

5.3.2. TM/Estilos de Liderazgo del Equipo

Comprender y aplicar diferentes estilos de liderazgo para satisfacer las necesidades del equipo y el contexto del proyecto. El PMBoK 7.ª edición enfatiza el liderazgo de servicio y la adaptación situacional.

Temas:

Core

- Liderazgo de servicio: eliminar obstáculos, apoyar a los miembros del equipo y facilitar el rendimiento

- Liderazgo situacional: adaptar el estilo de liderazgo a la competencia y el compromiso del miembro del equipo
- Liderazgo transformacional: inspirar el cambio, la innovación y el crecimiento del equipo
- Liderazgo distribuido: compartir las responsabilidades de liderazgo en todo el equipo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Comparar los estilos de liderazgo de servicio, situacional y transformacional y su aplicabilidad [Familiarizarse]
2. Aplicar los principios de liderazgo situacional a un escenario de desarrollo de un miembro del equipo [Usar]
3. Seleccionar el enfoque de liderazgo más apropiado para un equipo y contexto de proyecto dado [Evaluar]

5.3.3. TM/Desarrollo y Rendimiento del Equipo

Desarrollar las competencias, la cohesión y el rendimiento del equipo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Cubre las etapas de formación del equipo, los indicadores de rendimiento y el desarrollo continuo.
Temas:
Core

- Etapas de desarrollo del equipo de Tuckman: formación, tormenta, normalización, desempeño, disolución
- Indicadores de rendimiento del equipo: velocidad, calidad de los productos, métricas de colaboración
- Desarrollo continuo del equipo: actividades de coaching, mentoría y desarrollo de habilidades
- Características y prácticas de los equipos de proyecto de alto rendimiento

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar estrategias de desarrollo del equipo apropiadas a cada etapa de la formación del equipo [Usar]
2. Diseñar un plan de desarrollo del equipo orientado a resultados de alto rendimiento [Evaluar]
3. Evaluate the current performance stage of a project team and select appropriate interventions to accelerate progression [Evaluar]

5.3.4. TM/Motivación y Empoderamiento

Comprender qué motiva a los miembros del equipo y crear condiciones para la motivación intrínseca, la autonomía y la propiedad. Los equipos empoderados toman mejores decisiones y entregan más valor.
Temas:
Core

- Teorías de motivación: Maslow, Herzberg, teoría de la autodeterminación y Drive (Pink)
- Motivación intrínseca: autonomía, maestría y propósito como impulsores del rendimiento del equipo
- Prácticas de empoderamiento: delegar la toma de decisiones, otorgar autonomía y confiar en el juicio del equipo
- Reconocimiento y recompensas: diseñar sistemas que refuercen los comportamientos deseados del equipo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Explicar las principales teorías de motivación y su aplicación a la gestión del equipo de proyecto [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas de empoderamiento para aumentar la autonomía y la apropiación del equipo sobre los resultados del proyecto [Usar]
3. Diseñar un sistema de reconocimiento y recompensas alineado con los principios de motivación intrínseca [Evaluar]

5.3.5. TM/Colaboración y Construcción de Confianza

Crear condiciones para una colaboración efectiva del equipo mediante la confianza, los acuerdos claros y las prácticas de trabajo compartidas. Cubre actas de constitución del equipo, herramientas de colaboración y prevención de conflictos.

Temas:

Core

- Acta de constitución del equipo: definir acuerdos de trabajo, normas, expectativas de comunicación y derechos de decisión
- Herramientas y prácticas de colaboración: espacios de trabajo compartidos, gestión visual y reuniones diarias de pie
- Modelos de confianza: confianza basada en competencia y en el carácter en las relaciones del equipo
- Prevención proactiva de conflictos mediante acuerdos claros y comunicación temprana

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un acta de constitución del equipo que establezca acuerdos de trabajo y normas de colaboración [Usar]
2. Evaluar el nivel de confianza y colaboración en un equipo de proyecto y proponer intervenciones orientadas [Evaluar]
3. Design a conflict prevention strategy based on clear team agreements and proactive communication practices [Evaluar]

5.3.6. TM/Equipos Distribuidos y Virtuales

Gestionar equipos que están distribuidos geográficamente u operan virtualmente. Cubre desafíos de comunicación, diferencias culturales, herramientas y prácticas de liderazgo para entornos virtuales.

Temas:

Core

- Desafíos de los equipos virtuales: retrasos de comunicación, aislamiento, diferencias culturales y zonas horarias
- Herramientas de colaboración digital para equipos virtuales: videoconferencias, comunicación asíncrona y espacios de trabajo compartidos
- Inteligencia cultural (IC): comprender y adaptarse a las diferencias culturales en equipos globales
- Prácticas de liderazgo específicas para entornos de equipos virtuales y distribuidos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los desafíos únicos de gestionar equipos de proyecto distribuidos y virtuales [Familiarizarse]
2. Aplicar inteligencia cultural y prácticas de colaboración virtual para gestionar un equipo distribuido [Usar]
3. Diseñar un enfoque de gestión de equipos virtuales que aborde la comunicación, la cultura y el rendimiento [Evaluar]

5.3.7. TM/ética y Conducta Profesional

Mantener los estándares éticos y la conducta profesional dentro del equipo de proyecto. Cubre el Código de ética del PMI, la gestión de dilemas éticos y el fomento de un entorno ético en el equipo.

Temas:

Core

- Código de ética del PMI: responsabilidad, respeto, imparcialidad y honestidad
- Reconocer y resolver dilemas éticos en contextos de equipo de proyecto e interesados
- Crear un entorno de equipo inclusivo, respetuoso y psicológicamente seguro
- Liderazgo ético: modelar la integridad y la rendición de cuentas como líder de proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir el Código de ética del PMI y su aplicación al comportamiento del equipo de proyecto [Familiarizarse]
2. Resolver un dilema ético en el contexto de un equipo de proyecto utilizando razonamiento basado en principios [Usar]
3. Evaluar el clima ético de un equipo de proyecto y proponer acciones de liderazgo para fortalecerlo [Evaluar]

5.4. Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida (DL)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con la selección, definición y gestión del enfoque de desarrollo y el ciclo de vida del proyecto. El PMBoK 7.ª edición trata la elección del enfoque de desarrollo como una decisión deliberada y contextualizada, no como una opción predeterminada.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 5.4.1 Actividades de Inicio y Cierre (Pág. 189)	1	1
5.4.2 Selección del Enfoque de Desarrollo (Pág. 189)	Electivo	
5.4.3 Enfoque Predictivo (Pág. 190)	Electivo	
5.4.4 Enfoque Adaptativo (Pág. 190)	Electivo	
5.4.5 Enfoque Híbrido (Pág. 191)	Electivo	
5.4.6 Estructura de Fases del Proyecto (Pág. 191)	Electivo	
5.4.7 Adaptación del Enfoque de Desarrollo (Pág. 191)	Electivo	

Cuadro 5.4: Lista de KUs del área de Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida.

5.4.1. DL/Actividades de Inicio y Cierre (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Actividades clave al inicio y al final del proyecto y sus fases. Cubre el inicio del proyecto, las transiciones entre fases y las actividades formales de cierre.
Temas:
Core

- Inicio del proyecto: alinear al equipo y los interesados en objetivos, enfoque y acuerdos de trabajo
- Actividades de transición entre fases: revisiones, aprobaciones y entregas entre fases
- Cierre del proyecto: aceptación final de entregables, lecciones aprendidas y liberación del equipo
- Integrar las lecciones aprendidas del cierre en los activos de conocimiento organizacional

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Llevar a cabo un inicio de proyecto efectivo que alinee al equipo y a los interesados en objetivos y enfoque [Usar]
2. Ejecutar las actividades de cierre del proyecto incluyendo la aceptación final y el archivo de lecciones aprendidas [Usar]
3. Design a comprehensive project closure checklist ensuring all administrative, contractual, and knowledge capture obligations are met [Evaluar]

5.4.2. DL/Selección del Enfoque de Desarrollo

Seleccionar el enfoque de desarrollo más apropiado -predictivo, adaptativo o híbrido- basándose en las características del proyecto, los factores organizacionales y las necesidades de los interesados.
Temas:
Core

- Descripción general de los enfoques de desarrollo: predictivo, iterativo, incremental, adaptativo e híbrido

- Criterios de selección: grado de incertidumbre, tasa de cambio, participación de los interesados y capacidad del equipo
- Factores organizacionales que influyen en la selección del enfoque: cultura, estándares y gobernanza
- Evolucionar y ajustar el enfoque de desarrollo a medida que avanza el proyecto

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Seleccionar un enfoque de desarrollo apropiado para un proyecto basándose en criterios de selección definidos [Usar]
2. Justificar el enfoque de desarrollo seleccionado dados los factores organizacionales y específicos del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate the alignment between a chosen development approach and the project's uncertainty level, team capability, and stakeholder engagement requirements [Evaluar]

5.4.3. DL/Enfoque Predictivo

Comprender cuándo y cómo aplicar un enfoque predictivo (orientado al plan). Cubre las fases secuenciales, la planificación detallada anticipada y la gestión del cambio en entornos predictivos.
Temas:
Core

- Características del enfoque predictivo: fases secuenciales, alcance fijo y planificación detallada anticipada
- Condiciones que favorecen el enfoque predictivo: requisitos estables, baja incertidumbre, restricciones regulatorias
- Gestión del cambio en entornos predictivos: control formal del cambio y gestión de líneas base
- Limitaciones del enfoque predictivo en entornos complejos e inciertos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las características y los casos de uso apropiados del enfoque de desarrollo predictivo [Familiarizarse]
2. Aplicar las prácticas del enfoque predictivo para planificar y gestionar un proyecto con requisitos estables [Usar]
3. Evaluate when a predictive approach is or is not suitable for a given project context [Evaluar]

5.4.4. DL/Enfoque Adaptativo

Comprender cuándo y cómo aplicar enfoques adaptativos (ágiles). Cubre la entrega iterativa e incremental, la gestión del backlog y el control empírico de procesos.
Temas:
Core

- Características del enfoque adaptativo: entrega iterativa, requisitos evolutivos y control empírico
- Scrum y Kanban como marcos adaptativos representativos
- Gestión del backlog del producto: priorización, refinamiento y planificación del sprint
- Escalar enfoques adaptativos para equipos grandes: SAFe, LeSS y disciplined agile

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir las características y los casos de uso apropiados de los enfoques de desarrollo adaptativo [Familiarizarse]
2. Aplicar prácticas del enfoque adaptativo incluyendo la gestión del backlog y la entrega iterativa [Usar]
3. Seleccionar un marco de escalado apropiado para un enfoque adaptativo en un contexto de equipo grande [Evaluar]

5.4.5. DL/Enfoque Híbrido

Combinar elementos predictivos y adaptativos para crear un enfoque de desarrollo personalizado. Los enfoques híbridos reconocen que pocos proyectos son puramente predictivos o puramente adaptativos.

Temas:

Core

- Fundamento para los enfoques híbridos: combinar la estabilidad predictiva con la flexibilidad adaptativa
- Patrones híbridos comunes: planificación predictiva con entrega ágil, ola progresiva con hitos fijos
- Desafíos de gobernanza en enfoques híbridos: reportes, métricas y autoridad de decisión
- Managing the transition between predictive and adaptive phases within a hybrid life cycle

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Diseñar un enfoque híbrido que combine elementos predictivos y adaptativos para un contexto de proyecto dado [Usar]
2. Evaluar las implicaciones de gobernanza de un enfoque de desarrollo híbrido [Evaluar]
3. Justify the selection of a hybrid approach over a purely predictive or purely adaptive alternative [Evaluar]

5.4.6. DL/Estructura de Fases del Proyecto

Definir la estructura de fases del ciclo de vida del proyecto, incluyendo la secuenciación de fases, las revisiones de puertas de fase y la relación entre las fases y el enfoque de desarrollo.

Temas:

Core

- Definición de fases del proyecto: estructuras de fases secuenciales, superpuestas e iterativas
- Revisiones de puertas de fase: criterios de decisión, gobernanza y decisiones de continuar/no continuar
- Alinear la estructura de fases con el enfoque de desarrollo seleccionado
- Defining exit criteria and deliverable acceptance standards for each project phase

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Definir una estructura de fases apropiada y criterios de revisión de puertas para un proyecto dado [Usar]
2. Alinear la estructura de fases del proyecto con el enfoque de desarrollo seleccionado [Evaluar]
3. Design a phase gate framework with clear entry and exit criteria appropriate to the project's risk profile [Evaluar]

5.4.7. DL/Adaptación del Enfoque de Desarrollo

Adaptar sistemáticamente el enfoque de desarrollo y el ciclo de vida a las necesidades específicas del proyecto. La adaptación es una actividad deliberada y continua que equilibra los estándares organizacionales con el contexto del proyecto.

Temas:

Core

- Proceso de adaptación: evaluar el contexto, seleccionar el enfoque, personalizar y ajustar continuamente
- Restricciones a la adaptación: requisitos regulatorios, estándares organizacionales y expectativas del cliente
- Documentar las decisiones de adaptación y su fundamento para fines de gobernanza y auditoría
- Reviewing and refining tailoring decisions at project milestones based on performance evidence

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar un proceso de adaptación para personalizar el enfoque de desarrollo de un proyecto específico [Usar]
2. Justificar las decisiones de adaptación dentro de las restricciones organizacionales y regulatorias [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of tailoring decisions at project milestones and propose refinements [Evaluar]

5.5. Planificación (PL)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación inicial, continua y evolutiva necesaria para entregar los resultados del proyecto. El PMBoK 7.ª edición trata la planificación como una actividad continua adaptada al enfoque de desarrollo, no como un ejercicio anticipado único.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 5.5.1 Principios de Planificación (Pág. 192)	1	1
⭐ 5.5.2 Planificación del Alcance y los Requisitos (Pág. 192)	1	1
⭐ 5.5.3 Planificación del Cronograma (Pág. 193)	1	1
⭐ 5.5.4 Planificación de Costos y Presupuesto (Pág. 193)	1	1
5.5.5 Planificación de Recursos (Pág. 194)	Electivo	
5.5.6 Planificación de la Calidad (Pág. 194)	Electivo	
5.5.7 Planificación del Riesgo y la Incertidumbre (Pág. 194)	Electivo	
5.5.8 Planificación de las Comunicaciones y el Involucramiento de los Interesados (Pág. 195)	Electivo	
5.5.9 Planificación de las Adquisiciones (Pág. 195)	Electivo	
5.5.10 Planificación Integrada del Proyecto (Pág. 195)	Electivo	

Cuadro 5.5: Lista de KUs del área de Planificación.

5.5.1. PL/Principios de Planificación (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Principios fundamentales para la planificación en el PMBoK 7.ª edición: la planificación es iterativa, suficiente y adaptada al enfoque de desarrollo y al nivel de incertidumbre.

Temas:

Core

- La planificación como actividad continua e iterativa a lo largo del ciclo de vida del proyecto
- Planificación suficiente: equilibrar el detalle con la flexibilidad basándose en la incertidumbre
- Relación entre la profundidad de la planificación y el enfoque de desarrollo seleccionado
- Planificación adaptativa: ola progresiva, elaboración progresiva y refinamiento iterativo

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los principios de la planificación iterativa y suficiente en el PMBoK 7.ª edición [Familiarizarse]
2. Aplicar los principios de planificación adaptativa a un proyecto con alta incertidumbre y requisitos evolutivos [Evaluar]
3. Evaluate whether a project's planning approach provides sufficient detail and flexibility for its uncertainty level [Evaluar]

5.5.2. PL/Planificación del Alcance y los Requisitos (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Definir y planificar el alcance del proyecto y del producto, incluyendo la recopilación, documentación y trazabilidad de requisitos en todos los enfoques de desarrollo.

Temas:

Core

- Técnicas de recopilación de requisitos para enfoques predictivos y adaptativos
- Definición del alcance: declaración del alcance del proyecto vs. backlog del producto según el enfoque
- Trazabilidad de requisitos: vincular los requisitos con los resultados en todos los enfoques
- Descomposición del alcance: WBS para enfoques predictivos, estructuración del backlog para adaptativos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir el alcance del proyecto y del producto utilizando técnicas apropiadas al enfoque de desarrollo seleccionado [Usar]
2. Comparar los enfoques de planificación del alcance en contextos de desarrollo predictivo y adaptativo [Evaluar]
3. Design a requirements traceability approach ensuring all deliverables are linked to stated stakeholder needs [Evaluar]

5.5.3. PL/Planificación del Cronograma (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estimar, secuenciar y programar las actividades del proyecto. Cubre tanto la programación tradicional (CPM, Gantt) como la programación adaptativa (planificación de sprints y releases).
Temas:
Core

- Técnicas de estimación de actividades: análogo, paramétrico, tres puntos y puntos de historia
- Desarrollo del cronograma: ruta crítica para enfoques predictivos, planificación de sprints y releases para adaptativos
- Incorporar flexibilidad en el cronograma: reservas, contingencias y capacidad de iteración
- Línea base del cronograma en enfoques predictivos vs. hoja de ruta de releases en adaptativos: comparación y uso

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Desarrollar un cronograma del proyecto apropiado al enfoque de desarrollo seleccionado [Usar]
2. Comparar las prácticas de programación en entornos de proyecto predictivos y adaptativos [Evaluar]
3. Evaluate a project schedule for realism, buffer adequacy, and alignment with scope and resource constraints [Evaluar]

5.5.4. PL/Planificación de Costos y Presupuesto (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Estimar los costos y establecer el presupuesto del proyecto. Cubre las técnicas de estimación de costos, las estructuras presupuestarias y las contingencias en los diferentes enfoques de desarrollo.
Temas:
Core

- Técnicas de estimación de costos: análoga, paramétrica, ascendente y de tres puntos
- Estructura del presupuesto: línea base de costos, reservas de contingencia y reservas de gestión
- Planificación de costos en entornos adaptativos: presupuestación de capacidad fija y costo por iteración
- Establishing and maintaining the cost performance baseline and managing reserve drawdown

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Estimar los costos del proyecto y desarrollar un presupuesto utilizando técnicas apropiadas [Usar]
2. Adaptar las prácticas de planificación de costos para entornos de proyecto adaptativos e híbridos [Evaluar]
3. Evaluate the adequacy of a project budget including contingency and management reserves [Evaluar]

5.5.5. PL/Planificación de Recursos

Identificar, estimar y planificar los recursos humanos y físicos necesarios para entregar los resultados del proyecto.

Temas:

Core

- Identificar los roles, habilidades y recursos físicos necesarios para la entrega del proyecto
- Estimación de recursos: estimación de esfuerzo, planificación de capacidad y calendarios de recursos
- Gestionar las restricciones de recursos: brechas de disponibilidad, escasez de habilidades y necesidades de adquisición
- Resource leveling and smoothing: optimizing resource allocation across the project schedule

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan de recursos que identifique los roles, habilidades y cantidades necesarias para la entrega del proyecto [Usar]
2. Identificar y resolver problemas de restricción de recursos en un plan de proyecto [Evaluar]
3. Optimize resource allocation across the project schedule using leveling and smoothing techniques [Evaluar]

5.5.6. PL/Planificación de la Calidad

Definir estándares, métricas y enfoques de calidad para asegurar que los entregables del proyecto cumplan con las expectativas de los interesados en todos los enfoques de desarrollo.

Temas:

Core

- Seleccionar los estándares y métricas de calidad aplicables al proyecto y al producto
- Enfoque de calidad: estrategia de pruebas, definición de terminado y criterios de aceptación
- Planificación de calidad en entornos adaptativos: pruebas continuas, QA automatizado y criterios de terminado
- Cost of conformance vs. cost of non-conformance: planning the right investment in quality

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Definir los estándares de calidad y los criterios de aceptación para los entregables del proyecto [Usar]
2. Diseñar un enfoque de calidad apropiado para un entorno de proyecto adaptativo o híbrido [Evaluar]
3. Evaluate the trade-off between quality investment and the risk of non-conformance in a project context [Evaluar]

5.5.7. PL/Planificación del Riesgo y la Incertidumbre

Planificar para los riesgos y la incertidumbre como parte integral del plan general del proyecto. Cubre la identificación de riesgos, la planificación de respuestas y la gestión de la incertidumbre en los diferentes enfoques de desarrollo.

Temas:

Core

- Proceso de planificación del riesgo: identificación, evaluación cualitativa, planificación de respuestas y monitoreo
- Planificación para la incertidumbre: reservas de contingencia, cajas de tiempo y soluciones de exploración
- Planificación del riesgo en entornos adaptativos: priorización del backlog ajustada al riesgo y revisión iterativa del riesgo
- Maintaining and updating the risk register throughout the project life cycle

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan de gestión del riesgo con riesgos identificados y respuestas planificadas [Usar]

2. Adaptar las prácticas de planificación del riesgo para entornos de proyecto adaptativos [Evaluar]
3. Evaluate the comprehensiveness and adequacy of a risk management plan for a given project context [Evaluar]

5.5.8. PL/Planificación de las Comunicaciones y el Involucramiento de los Interesados

Planificar cómo fluirá la información hacia y desde los interesados a lo largo del proyecto. Integra las comunicaciones y el involucramiento de los interesados en un plan coherente.

Temas:

Core

- Plan de comunicaciones: necesidades de información, métodos, frecuencia y responsables
- Integrar las estrategias de involucramiento de interesados con el plan de comunicaciones
- Radiadores de información y herramientas de gestión visual para la comunicación transparente del proyecto
- Communication channel analysis: determining the right medium, frequency, and audience for each communication

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan integrado de comunicaciones e involucramiento de interesados [Usar]
2. Implementar radiadores de información y prácticas de gestión visual para la transparencia del proyecto [Usar]
3. Design a communications plan that addresses the specific needs of diverse stakeholder groups across the project life cycle [Evaluar]

5.5.9. PL/Planificación de las Adquisiciones

Planificar la adquisición de productos, servicios o resultados externos. Cubre el análisis de fabricar o comprar, la selección del tipo de contrato y la estrategia de adquisición.

Temas:

Core

- Análisis de fabricar o comprar: determinar qué adquirir externamente y por qué
- Estrategia de adquisición: tipos de contrato, enfoque de selección de proveedores y asignación del riesgo
- Consideraciones de adquisición en proyectos adaptativos: contratos flexibles y colaboración con proveedores
- Vendor selection criteria: capability, cost, reliability, risk, and strategic fit

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan de adquisiciones incluyendo el análisis de fabricar o comprar y la selección del tipo de contrato [Usar]
2. Adaptar las prácticas de planificación de adquisiciones para contextos de desarrollo adaptativo e híbrido [Evaluar]
3. Evaluate vendor proposals against defined selection criteria to support procurement decision-making [Evaluar]

5.5.10. PL/Planificación Integrada del Proyecto

Reunir todos los elementos de planificación en un plan de proyecto coherente e integrado. Cubre la relación entre los componentes del plan, las líneas base y el plan de gestión del proyecto como documento vivo.

Temas:

Core

- Integrar los planes subsidiarios en un plan de gestión del proyecto coherente
- El plan del proyecto como documento vivo: actualizaciones continuas y reestablecimiento de líneas base

- Gestión de líneas base: establecer, mantener y actualizar las líneas base del proyecto
- Diferencias en los artefactos de planificación integrada en enfoques predictivos, adaptativos e híbridos

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Desarrollar un plan de gestión del proyecto integrado que combine todos los elementos de planificación [Usar]
2. Comparar los artefactos de planificación integrada en enfoques predictivos, adaptativos e híbridos [Evaluar]
3. Evaluate the internal consistency of an integrated project plan and identify gaps or conflicts among its subsidiary components [Evaluar]

5.6. Trabajo del Proyecto (PW)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con el establecimiento de los procesos del proyecto, la gestión de los recursos físicos y el fomento de un entorno de aprendizaje. Abarca la gestión cotidiana del trabajo necesario para mantener el avance del proyecto.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.6.1 Gestión de los Artefactos del Proyecto (Pág. 196)	Electivo	
5.6.2 Comunicación y Gestión del Conocimiento (Pág. 196)	Electivo	
5.6.3 Involucramiento del Equipo Durante la Ejecución (Pág. 197)	Electivo	
5.6.4 Involucramiento de los Interesados Durante la Ejecución (Pág. 197)	Electivo	
5.6.5 Gestión de los Recursos Físicos (Pág. 198)	Electivo	
5.6.6 Trabajo con las Adquisiciones (Pág. 198)	Electivo	
5.6.7 Monitoreo y Adaptación del Trabajo (Pág. 198)	Electivo	

Cuadro 5.6: Lista de KUs del área de Trabajo del Proyecto.

5.6.1. PW/Gestión de los Artefactos del Proyecto

Crear, mantener y controlar los artefactos del proyecto a lo largo del ciclo de vida. Cubre la gestión de configuración, el control de versiones y la accesibilidad de los artefactos.
Temas:
Core

- Tipos de artefactos del proyecto: planes, registros, actas, informes, acuerdos y entregables
- Gestión de configuración: control de versiones, seguimiento de cambios e integridad de artefactos
- Garantizar la accesibilidad y trazabilidad de los artefactos en el equipo del proyecto y con los interesados
- Artifact retention and archiving policies aligned with organizational and regulatory requirements

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Aplicar prácticas de gestión de configuración para mantener la integridad de los artefactos del proyecto [Usar]
2. Diseñar un enfoque de gestión de artefactos que garantice la accesibilidad y la trazabilidad [Evaluar]
3. Evaluate the artifact management system of a project for completeness, version control, and compliance [Evaluar]

5.6.2. PW/Comunicación y Gestión del Conocimiento

Gestionar el flujo de información y el conocimiento organizacional durante la ejecución del proyecto. Cubre las lecciones aprendidas, la transferencia de conocimientos y la distribución de la información.

Temas:
Core
- Distribución de la información del proyecto a los interesados de acuerdo con el plan de comunicaciones
- Captura y difusión del conocimiento del proyecto: lecciones aprendidas, retrospectivas y repositorios de conocimiento
- Contribuir al aprendizaje organizacional mediante la transferencia sistemática de conocimientos
- Identifying and overcoming communication barriers: noise, filtering, cultural differences, and information overload

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Ejecutar el plan de comunicaciones para distribuir información de manera efectiva a los interesados del proyecto [Usar]
2. Diseñar un enfoque de gestión del conocimiento que apoye el aprendizaje organizacional durante el proyecto [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of project communication and identify improvements to reduce barriers and information gaps [Evaluar]

5.6.3. PW/Involucramiento del Equipo Durante la Ejecución

Mantener al equipo involucrado, motivado y productivo durante la ejecución del proyecto. Cubre las prácticas de gestión diaria, la retroalimentación sobre el rendimiento y el mantenimiento del bienestar del equipo.
Temas:
Core
- Prácticas de gestión diaria: reuniones de pie, tableros de tareas y gestión del flujo
- Proporcionar retroalimentación oportuna y constructiva sobre el rendimiento a los miembros del equipo
- Monitorear y mantener el bienestar del equipo y un ritmo de trabajo sostenible
- Identifying and removing impediments that block team productivity and flow

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Aplicar prácticas de gestión diaria para mantener el enfoque y la productividad del equipo durante la ejecución [Usar]
2. Monitorear los indicadores de bienestar del equipo y tomar acciones correctivas para mantener un rendimiento sostenible [Evaluar]
3. Design an impediment management process that rapidly surfaces and resolves blockers during project execution [Evaluar]

5.6.4. PW/Involucramiento de los Interesados Durante la Ejecución

Involucrar activamente a los interesados durante la ejecución del proyecto para mantener la alineación, abordar los problemas e incorporar la retroalimentación en el trabajo.
Temas:
Core
- Mantener el involucramiento continuo de los interesados: revisiones, demostraciones y ciclos de retroalimentación
- Identificar, registrar y resolver los problemas de los interesados durante la ejecución
- Gestionar las solicitudes de cambio iniciadas por los interesados durante la ejecución
- Tracking stakeholder satisfaction levels during execution and responding to declining engagement

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Mantener el involucramiento activo de los interesados mediante puntos de contacto regulares y mecanismos de retroalimentación [Usar]

2. Gestionar los cambios iniciados por los interesados durante la ejecución protegiendo la entrega de valor del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of stakeholder engagement during execution and recommend adjustments to the engagement approach [Evaluar]

5.6.5. PW/Gestión de los Recursos Físicos

Gestionar los recursos físicos requeridos para la ejecución del proyecto, incluyendo materiales, equipos, instalaciones e infraestructura.

Temas:

Core

- Adquirir y movilizar los recursos físicos de acuerdo con el plan de recursos
- Monitorear la utilización de los recursos físicos y abordar las escaseces o el desperdicio
- Optimizar el uso de los recursos físicos para minimizar el costo y el impacto ambiental
- Documenting physical resource usage, issues, and handover for audit and lessons learned

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Monitorear la utilización de los recursos físicos y tomar acciones correctivas ante desviaciones [Usar]
2. Optimizar la gestión de los recursos físicos para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia [Evaluar]
3. Design a physical resource management plan that addresses acquisition, utilization tracking, and responsible disposal [Evaluar]

5.6.6. PW/Trabajo con las Adquisiciones

Gestionar las actividades de adquisición durante la ejecución del proyecto, incluyendo la gestión de proveedores, la administración de contratos y el monitoreo del rendimiento de las adquisiciones.

Temas:

Core

- Gestión cotidiana de proveedores: comunicación, seguimiento del rendimiento y resolución de problemas
- Administración de contratos durante la ejecución: órdenes de cambio, monitoreo del cumplimiento y pagos
- Construir relaciones de colaboración con proveedores para apoyar la entrega de valor del proyecto
- Procurement closeout: final acceptance, release of obligations, and vendor performance assessment

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Gestionar el rendimiento de los proveedores y el cumplimiento de los contratos durante la ejecución del proyecto [Usar]
2. Construir una estrategia de relación colaborativa con proveedores que apoye los resultados del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate vendor performance against contractual obligations and determine appropriate corrective or closeout actions [Evaluar]

5.6.7. PW/Monitoreo y Adaptación del Trabajo

Monitorear continuamente el trabajo del proyecto y adaptar los planes, prioridades y procesos en respuesta a los datos de rendimiento, los riesgos emergentes y las condiciones cambiantes.

Temas:

Core

- Monitoreo del rendimiento del trabajo: seguimiento del progreso, gráficos de quemado y reportes de estado

- Adaptar los planes y prioridades de trabajo en respuesta a los datos de rendimiento y la nueva información
- Incorporar prácticas de mejora continua: retrospectivas, revisiones de procesos y kaizen
- Distinguishing corrective actions (address current deviations) from preventive actions (avoid future issues)

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Monitorear el progreso del trabajo del proyecto e identificar desviaciones que requieran acciones correctivas [Usar]
2. Implementar prácticas de mejora continua para aumentar la efectividad del equipo y los procesos [Evaluar]
3. Evaluate the adequacy of corrective and adaptive actions taken in response to project performance deviations [Evaluar]

5.7. Entrega (DV)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con la entrega de los resultados del proyecto que producen el valor previsto. La entrega va más allá de completar el alcance: se trata de asegurar que lo que se entrega realmente realice los beneficios esperados.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.7.1 Definición y Entrega de Valor (Pág. 199)	Electivo	
5.7.2 Entrega de Requisitos y Alcance (Pág. 199)	Electivo	
5.7.3 Aseguramiento de la Calidad y Entrega (Pág. 200)	Electivo	
5.7.4 Entrega Incremental e Iterativa (Pág. 200)	Electivo	
5.7.5 Transición y Entrega (Pág. 201)	Electivo	
5.7.6 Gestión de la Realización de Beneficios (Pág. 201)	Electivo	
5.7.7 Satisfacción del Cliente y el Usuario (Pág. 201)	Electivo	

Cuadro 5.7: Lista de KUs del área de Entrega.

5.7.1. DV/Definición y Entrega de Valor

Definir claramente el valor al inicio y garantizar continuamente que los productos del proyecto estén alineados con la entrega de ese valor. El valor puede ser financiero, social o experiencial.
Temas:
Core

- Definición del valor del proyecto: retorno financiero, impacto social, satisfacción del cliente y avance estratégico
- Alinear continuamente los entregables con el valor definido a lo largo del proyecto
- Priorizar las características y los entregables según su contribución al valor
- Validating delivered value with stakeholders and customers throughout the project

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir el valor del proyecto en términos significativos para los interesados clave y alinear los entregables en consecuencia [Usar]
2. Priorizar los entregables del proyecto en función de su contribución relativa al valor [Evaluar]
3. Evaluate whether delivered project outputs have achieved the defined value and propose corrective actions if gaps exist [Evaluar]

5.7.2. DV/Entrega de Requisitos y Alcance

Asegurar que los entregables del proyecto cumplan con los requisitos y el alcance definidos, y que el alcance se gestione para proteger la entrega de valor.

Temas:
Core
- Verificar que los entregables cumplan con los requisitos definidos y los criterios de aceptación
- Controlar el alcance para prevenir la expansión del alcance y proteger la entrega de valor
- Tomar decisiones de compensación entre alcance y valor cuando surjan restricciones
- Formal scope validation with stakeholders: reviews, sign-offs, and acceptance documentation

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Verificar los entregables del proyecto contra los requisitos y los criterios de aceptación [Usar]
2. Tomar decisiones de compensación de alcance basadas en principios para proteger la entrega de valor del proyecto [Evaluar]
3. Design a scope validation process that ensures stakeholder acceptance at each delivery milestone [Evaluar]

5.7.3. DV/Aseguramiento de la Calidad y Entrega

Garantizar que los entregables cumplan con los estándares de calidad mediante actividades continuas de aseguramiento y control de calidad integradas en el proceso de entrega.
Temas:
Core
- Incorporar la calidad en el proceso de entrega: definición de terminado, criterios de aceptación y pruebas continuas
- Estrategias de prevención de defectos: análisis de causa raíz, mejora de procesos y pruebas shift-left
- Seguimiento de métricas de calidad a través de los entregables para detectar tendencias e impulsar la mejora
- Quality audits: reviewing adherence to quality processes and identifying systemic improvement opportunities

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Aplicar prácticas de aseguramiento de la calidad para garantizar que los entregables cumplan con los estándares de calidad definidos [Usar]
2. Analizar las métricas de calidad de la entrega para identificar oportunidades de mejora [Evaluar]
3. Design a quality audit framework that continuously validates process adherence and delivery quality [Evaluar]

5.7.4. DV/Entrega Incremental e Iterativa

Entregar valor en incrementos o iteraciones para proporcionar beneficios tempranos, incorporar retroalimentación y reducir el riesgo. Cubre las revisiones de sprints, los productos mínimos viables y la planificación de releases.
Temas:
Core
- Entrega incremental: liberar porciones utilizables del producto para proporcionar valor temprano
- Entrega iterativa: refinar y mejorar los entregables basándose en la retroalimentación a través de las iteraciones
- Producto mínimo viable (PMV) y característica mínima viable (CMV) para la entrega temprana de valor
- Planificación de releases: programar incrementos para maximizar el valor empresarial

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:
1. Planificar y ejecutar entregas incrementales e iterativas para proporcionar valor temprano y continuo [Usar]
2. Diseñar un plan de releases que maximice el valor empresarial a través de los incrementos de entrega [Evaluar]

3. Evaluate the results of a delivery iteration and use feedback to adjust the scope and priorities for subsequent increments [Evaluar]

5.7.5. DV/Transición y Entrega

Gestionar la transición de los entregables del proyecto a las operaciones o a los usuarios finales. Cubre la evaluación de la disposición, la transferencia de conocimientos y el apoyo a la gestión del cambio organizacional.

Temas:

Core

- Evaluación de la disposición: evaluar la disposición organizacional y del usuario para recibir los entregables
- Transferencia de conocimientos a las operaciones: documentación, capacitación y acuerdos de soporte
- Apoyar la gestión del cambio organizacional durante la fase de entrega
- Producing comprehensive handover documentation: user manuals, operational guides, and support agreements

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Planificar un proceso de transición y entrega que asegure la disposición operacional [Usar]
2. Diseñar actividades de apoyo a la gestión del cambio para permitir la adopción exitosa de los entregables del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate organizational and user readiness for handover and identify actions needed to close readiness gaps [Evaluar]

5.7.6. DV/Gestión de la Realización de Beneficios

Asegurar que los beneficios identificados en el caso de negocio se realicen efectivamente después de la finalización del proyecto. Cubre el seguimiento de beneficios, la propiedad y la revisión post-proyecto.

Temas:

Core

- Identificar y documentar los beneficios esperados en el caso de negocio y el registro de beneficios
- Asignar la propiedad de los beneficios a los interesados operacionales más allá del cierre del proyecto
- Seguimiento de la realización de beneficios post-proyecto: métricas, cronogramas e informes
- Maintaining a benefits register linked to the business case throughout and after the project

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Desarrollar un plan de realización de beneficios con métricas definidas y asignaciones de propiedad [Usar]
2. Evaluar el grado en que los beneficios del proyecto se han realizado después de la finalización del proyecto [Evaluar]
3. Design a post-project benefits tracking mechanism with clear ownership, timelines, and reporting thresholds [Evaluar]

5.7.7. DV/Satisfacción del Cliente y el Usuario

Asegurar que los entregables del proyecto satisfagan a los usuarios finales y a los clientes. Cubre la aceptación del usuario, la medición de la satisfacción y la integración de la retroalimentación en la entrega.

Temas:

Core

- Pruebas de aceptación del usuario (PAU): validar los entregables con los usuarios finales
- Medir la satisfacción del cliente y el usuario: encuestas, NPS y sesiones de retroalimentación

- Integrar la retroalimentación del cliente y del usuario en las decisiones de entrega en curso
- Tracking satisfaction trends over time and using data to improve the delivery approach

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Llevar a cabo pruebas de aceptación del usuario y documentar los resultados de satisfacción [Usar]
2. Integrar la retroalimentación del cliente en las decisiones de entrega para maximizar la satisfacción del usuario [Evaluar]
3. Evaluate customer and user satisfaction trends and propose delivery adjustments to close satisfaction gaps [Evaluar]

5.8. Medición (MS)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con la evaluación del rendimiento del proyecto y la toma de acciones apropiadas para mantener un rendimiento aceptable. La medición en el PMBoK 7.ª edición va más allá del EVM para abarcar un conjunto más amplio de métricas orientadas al valor.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
⭐ 5.8.1 Indicadores Clave de Rendimiento (Pág. 202)	1	1
⭐ 5.8.2 Tableros de Control y Radiadores de Información (Pág. 202)	1	1
5.8.3 Propósito y Enfoque de la Medición (Pág. 203)	Electivo	
5.8.4 Valor Ganado y Rendimiento del Cronograma (Pág. 203)	Electivo	
5.8.5 Pronósticos y Tendencias (Pág. 204)	Electivo	
5.8.6 Informes de Rendimiento para los Interesados (Pág. 204)	Electivo	
5.8.7 Lecciones Aprendidas y Captura de Conocimiento (Pág. 204)	Electivo	

Cuadro 5.8: Lista de KUs del área de Medición.

5.8.1. MS/Indicadores Clave de Rendimiento (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Definir, seleccionar y utilizar indicadores clave de rendimiento (KPI) para hacer seguimiento del estado del proyecto en las dimensiones de alcance, cronograma, costo, calidad y valor.
Temas:
Core

- Selección de KPI: relevancia para los objetivos del proyecto, mensurabilidad y capacidad de acción
- Conjuntos de métricas equilibrados: indicadores adelantados y rezagados, métricas de resultado y de producción
- Establecer umbrales y niveles de alerta de KPI para activar acciones correctivas
- Reviewing and adapting the KPI set as the project evolves and stakeholder priorities shift

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Definir un conjunto equilibrado de KPI para monitorear un proyecto en múltiples dimensiones de rendimiento [Usar]
2. Evaluar un conjunto dado de KPI en términos de equilibrio, relevancia y potencial de disfunción de métricas [Evaluar]
3. Design a KPI review cycle that keeps performance metrics aligned with evolving project objectives [Evaluar]

5.8.2. MS/Tableros de Control y Radiadores de Información (Core Tier1: 1 hr, Core Tier2: 1 hr)

Utilizar herramientas de gestión visual para hacer visible el rendimiento del proyecto al equipo y a los interesados. Cubre tableros de control, tableros kanban, gráficos de quemado y radiadores de

información físicos.
Temas:
Core

- Diseño de tableros de control del proyecto: métricas clave, claridad visual y relevancia para los interesados
- Radiadores de información: herramientas físicas y digitales para la transparencia continua del equipo
- Tableros en tiempo real: feeds de datos automatizados y visualización del estado del proyecto en vivo
- Maintaining and evolving dashboards as the project progresses and information needs change

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Diseñar un tablero de control del rendimiento del proyecto con KPI relevantes para el uso del equipo y los interesados [Usar]
2. Implementar radiadores de información que proporcionen transparencia del proyecto en tiempo real al equipo [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of a dashboard in communicating project health and recommend improvements [Evaluar]

5.8.3. MS/Propósito y Enfoque de la Medición

Comprender por qué y cómo medir el rendimiento del proyecto. Cubre el propósito de la medición, el riesgo de disfunción de las métricas y los principios para seleccionar medidas significativas.
Temas:
Core

- Propósito de la medición: informar decisiones, detectar problemas y demostrar valor
- Principios de medición efectiva: métricas significativas, accionables y oportunas
- Disfunción de las métricas: manipulación, Ley de Goodhart y los peligros de medir las cosas equivocadas
- Seleccionar el enfoque de medición según el tipo de proyecto, el enfoque de desarrollo y las necesidades de los interesados

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Describir el propósito y los principios de la medición efectiva del rendimiento del proyecto [Familiarizarse]
2. Identificar el riesgo de disfunción de las métricas y seleccionar medidas que impulsen los comportamientos correctos [Usar]
3. Diseñar un enfoque de medición apropiado para el tipo de proyecto y las necesidades de los interesados [Evaluar]

5.8.4. MS/Valor Ganado y Rendimiento del Cronograma

Utilizar la Gestión del Valor Ganado (EVM) y los indicadores de rendimiento del cronograma para medir el estado de costo y cronograma del proyecto. Cubre las métricas de EVM, SPI, CPI y pronósticos.
Temas:
Core

- Métricas de EVM: VP, VG, CA, VC, VCr, IPC, IPC
- Pronósticos de EVM: EAC, ETC, VAC y TCPI
- Aplicar los conceptos de valor ganado en entornos adaptativos: velocidad, gráfico de quemado y rendimiento
- Interpreting EVM trends over time to forecast project completion and identify systemic issues

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Calcular e interpretar las métricas de EVM para evaluar el rendimiento de costo y cronograma del proyecto [Usar]

2. Adaptar los conceptos de EVM para su uso en entornos de proyecto adaptativos [Evaluar]
3. Use EVM data to forecast project completion cost and schedule and evaluate the accuracy of those forecasts [Evaluar]

5.8.5. MS/Pronósticos y Tendencias

Utilizar los datos de rendimiento actuales para pronosticar los resultados futuros del proyecto. Cubre el análisis de tendencias, las técnicas de pronóstico y el uso de los pronósticos para la gestión proactiva.

Temas:

Core

- Análisis de tendencias: identificar patrones de rendimiento para predecir los resultados futuros
- Técnicas de pronóstico: fórmulas de EAC, análisis de regresión y juicio de expertos
- Utilizar los pronósticos de manera proactiva para prevenir problemas en lugar de reaccionar ante ellos
- Communicating forecast uncertainty: confidence intervals, scenario ranges, and assumptions

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Aplicar técnicas de análisis de tendencias y pronóstico para predecir los resultados de finalización del proyecto [Usar]
2. Utilizar los datos de pronóstico para tomar decisiones proactivas de gestión del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate the reliability of project forecasts by examining underlying assumptions and comparing against actual results [Evaluar]

5.8.6. MS/Informes de Rendimiento para los Interesados

Comunicar el rendimiento del proyecto a los interesados en un formato y frecuencia apropiados a sus necesidades. Cubre el diseño de informes, la personalización y la transparencia de la información.

Temas:

Core

- Diseño de informes de rendimiento: contenido, formato y frecuencia adaptados a las necesidades de los interesados
- Informes transparentes: comunicación honesta y completa del rendimiento, incluyendo las malas noticias
- Informes a nivel ejecutivo: resumir el estado del proyecto para los interesados de nivel superior
- Exception reporting: focusing reporting effort on deviations, risks, and decisions rather than routine status

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Preparar un informe de rendimiento del proyecto adaptado a una audiencia específica de interesados [Usar]
2. Diseñar una estructura de informes ejecutivos que proporcione información significativa sobre el estado del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate a project reporting system for transparency, accuracy, and stakeholder relevance [Evaluar]

5.8.7. MS/Lecciones Aprendidas y Captura de Conocimiento

Capturar, documentar y difundir sistemáticamente las lecciones aprendidas a lo largo del proyecto y después de este. Cubre las retrospectivas, las revisiones post-acción y los activos de conocimiento organizacional.

Temas:

Core

- Proceso de lecciones aprendidas: captura, análisis, documentación y difusión

- Retrospectivas y revisiones post-acción: reflexión estructurada del equipo para la mejora continua
- Contribuir las lecciones aprendidas a los repositorios de conocimiento organizacional y los activos de procesos
- Timing and frequency of lessons learned: ongoing capture vs. phase-end reviews vs. project closure

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Llevar a cabo una sesión de lecciones aprendidas y documentar los hallazgos para uso del equipo y la organización [Usar]
2. Integrar las lecciones aprendidas en los activos de conocimiento organizacional para apoyar futuros proyectos [Evaluar]
3. Design a lessons learned program that captures insights continuously rather than only at project closure [Evaluar]

5.9. Incertidumbre (UN)

Este dominio de desempeño cubre las actividades y funciones asociadas con el riesgo y la incertidumbre a lo largo del proyecto. El PMBoK 7.ª edición amplía el enfoque tradicional en el riesgo para incluir la ambigüedad, la complejidad y la volatilidad como formas distintas de incertidumbre que requieren diferentes enfoques de gestión.

Área de Conocimiento (KA)	Core Tier1	Core Tier2
5.9.1 Comprensión de la Incertidumbre y el Riesgo (Pág. 205)	Electivo	
5.9.2 Identificación y Evaluación del Riesgo (Pág. 206)	Electivo	
5.9.3 Respuesta a Amenazas y Oportunidades (Pág. 206)	Electivo	
5.9.4 Gestión de la Ambigüedad (Pág. 206)	Electivo	
5.9.5 Gestión de la Complejidad (Pág. 207)	Electivo	
5.9.6 Estrategias de Volatilidad y Resiliencia (Pág. 207)	Electivo	
5.9.7 Monitoreo y Adaptación a la Incertidumbre (Pág. 208)	Electivo	

Cuadro 5.9: Lista de KUs del área de Incertidumbre.

5.9.1. UN/Comprensión de la Incertidumbre y el Riesgo

Distinguir entre incertidumbre, riesgo, ambigüedad, complejidad y volatilidad, y comprender cómo cada una requiere diferentes estrategias de gestión.
Temas:
Core

- Distinción entre incertidumbre (probabilidades desconocidas) y riesgo (probabilidades e impactos conocidos)
- Marco VUCA: volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad en los entornos de proyectos
- Desarrollar una mentalidad equilibrada ante el riesgo: aceptar las oportunidades mientras se gestionan las amenazas
- Evaluar el perfil de incertidumbre de un proyecto: fuentes y tipos de incertidumbre

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):
Core:

1. Distinguir entre riesgo, incertidumbre, ambigüedad, complejidad y volatilidad en contextos de proyectos [Familiarizarse]
2. Evaluar el perfil de incertidumbre de un proyecto e identificar los tipos de incertidumbre dominantes [Evaluar]
3. Select management strategies that are appropriate to the dominant type of uncertainty in a given project [Evaluar]

5.9.2. UN/Identificación y Evaluación del Riesgo

Identificar los riesgos individuales y generales del proyecto y evaluar su probabilidad, impacto y urgencia mediante métodos cualitativos y cuantitativos.

Temas:

Core

- Técnicas de identificación de riesgos: lluvia de ideas, entrevistas, listas de verificación, DAFO y análisis de supuestos
- Evaluación cualitativa del riesgo: matriz de probabilidad-impacto y priorización de riesgos
- Evaluación cuantitativa del riesgo: EMV, simulación de Monte Carlo y análisis de sensibilidad
- Assessing overall project risk beyond individual risks: portfolio-level risk view and risk thresholds

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Identificar y priorizar los riesgos del proyecto utilizando técnicas de evaluación cualitativa [Usar]
2. Aplicar técnicas de evaluación cuantitativa para medir la exposición general al riesgo del proyecto [Evaluar]
3. Evaluate the completeness of a risk register and recommend additional identification or assessment activities [Evaluar]

5.9.3. UN/Respuesta a Amenazas y Oportunidades

Planificar e implementar respuestas tanto a las amenazas como a las oportunidades. El PMBoK 7.ª edición enfatiza la optimización de las respuestas al riesgo: no solo mitigar las amenazas sino también explotar activamente las oportunidades.

Temas:

Core

- Estrategias de respuesta a amenazas: evitar, transferir, mitigar, aceptar
- Estrategias de respuesta a oportunidades: explotar, compartir, mejorar, aceptar
- Optimización de respuestas: seleccionar acciones rentables y proporcionadas
- Gestionar los riesgos residuales y secundarios creados por las respuestas

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Seleccionar y justificar las estrategias de respuesta al riesgo para un conjunto de amenazas y oportunidades priorizadas [Usar]
2. Evaluar la rentabilidad y las implicaciones de riesgo secundario de las respuestas planificadas [Evaluar]
3. Design a balanced risk response plan that addresses both threats and opportunities proportionally [Evaluar]

5.9.4. UN/Gestión de la Ambigüedad

Gestionar la ambigüedad: situaciones en las que el problema o la solución no está claro. Cubre las técnicas para reducir la ambigüedad y avanzar en condiciones inciertas.

Temas:

Core

- Tipos de ambigüedad: conceptual (problema poco claro), direccional (objetivo poco claro), temporal (tiempo incierto)
- Técnicas para reducir la ambigüedad: experimentos, prototipos, prueba de concepto y alineación con los interesados
- Avanzar bajo ambigüedad: descubrimiento iterativo, cajas de tiempo y estadificación de decisiones
- Assessing the ambiguity tolerance of the team and stakeholders and calibrating planning accordingly

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir los diferentes tipos de ambigüedad y su impacto en la planificación del proyecto [Familiarizarse]
2. Aplicar técnicas de reducción de la ambigüedad para clarificar los objetivos del proyecto y la dirección de la solución [Usar]
3. Diseñar un enfoque para avanzar productivamente cuando los objetivos o las soluciones del proyecto sigan siendo poco claros [Evaluar]

5.9.5. UN/Gestión de la Complejidad

Reconocer y navegar la complejidad del proyecto que surge de las interdependencias del sistema, el comportamiento humano y las dinámicas emergentes. Cubre la evaluación de la complejidad y las estrategias de gestión adaptativa.

Temas:

Core

- Evaluación de la complejidad del proyecto: mapeo de interdependencias, diversidad de interesados y novedad técnica
- Estrategias para gestionar la complejidad: descomposición, entrega incremental y facilitación experta
- Gestión del comportamiento emergente en proyectos complejos: sentir-y-responder y gobernanza adaptativa
- Ongoing monitoring of complexity indicators and escalating governance as complexity increases

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Evaluar el perfil de complejidad de un proyecto e identificar los principales impulsores de complejidad [Usar]
2. Diseñar estrategias de gestión adaptativa para un proyecto con alta complejidad [Evaluar]
3. Evaluate the effectiveness of complexity management strategies and propose refinements as project conditions evolve [Evaluar]

5.9.6. UN/Estrategias de Volatilidad y Resiliencia

Gestionar la volatilidad: cambios frecuentes e impredecibles en el entorno del proyecto. Cubre las estrategias de construcción de resiliencia, las capacidades de respuesta rápida y la agilidad organizacional.

Temas:

Core

- Características de los entornos volátiles: cambio rápido, imprevisibilidad y horizontes de planificación cortos
- Construcción de resiliencia del proyecto: planificación flexible, capacidad de reserva y equipos adaptativos
- Mecanismos de respuesta rápida: rutas de escalamiento de decisiones y planes de respuesta preautorizados
- Early warning indicators of increasing volatility and triggers for activating resilience measures

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Describir las características de los entornos de proyectos volátiles y sus desafíos de gestión [Familiarizarse]
2. Aplicar estrategias de construcción de resiliencia para preparar un equipo de proyecto para condiciones de alta volatilidad [Usar]
3. Diseñar mecanismos de respuesta rápida para un proyecto que opera en un entorno volátil [Evaluar]

5.9.7. UN/Monitoreo y Adaptación a la Incertidumbre

Monitorear continuamente el panorama de la incertidumbre y adaptar el enfoque del proyecto, los planes y las respuestas a medida que emerge nueva información a lo largo del proyecto.

Temas:

Core

- Monitoreo de la incertidumbre: indicadores de alerta temprana, condiciones desencadenantes y escaneo del horizonte
- Adaptar los planes y enfoques en respuesta a las condiciones cambiantes de incertidumbre
- Aprender y mejorar bajo incertidumbre: mentalidad experimental y ciclos de retroalimentación rápidos
- Communicating uncertainty status to stakeholders: risk-adjusted forecasts and uncertainty heat maps

Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*):

Core:

1. Monitorear el panorama de incertidumbre utilizando indicadores de alerta temprana y condiciones desencadenantes [Usar]
2. Adaptar los planes y enfoques del proyecto en respuesta a la incertidumbre emergente [Usar]
3. Aplicar una mentalidad experimental y ciclos de retroalimentación rápidos para aprender y mejorar bajo incertidumbre [Evaluar]

Capítulo 6

Plan de estudios

6.1. Codificación de los cursos

Los cursos son clasificados en 4 niveles:

- **Introductorios** Código 1.. ejemplo: CS100
- **Intermedios** Código 2.. ejemplo: MA200
- **Avanzados** Código 3.. y ejemplo: IS370
- **Trabajo de final de carrera** Código 4.. ejemplo: CS403

Los cursos se encuentran codificados bajo el esquema que se muestra en la Figura 6.1.

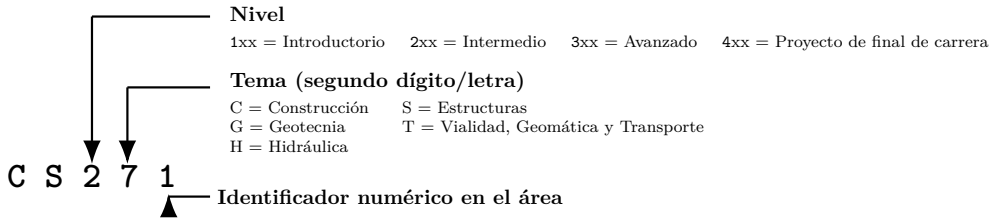


Figura 6.1: Esquema de codificación para los cursos.

El tipo de curso esta determinado por las letras iniciales. Los posibles códigos para estos tipos son:

1. **CE** Ingeniería de Computación (*Computer Engineering* – CE),
2. **CS** Área de Ciencia de la Computación (*Computer Science* – CS);
3. **AI** Área de Inteligencia Artificial (*Artificial Intelligence* – AI);
4. **CB** Área de Ciencias Básicas (Física, Biología);
5. **MA** Matemáticas (MA);
6. **STA** Estadística (STA);
7. **BFI** Ciencias Físicas
8. **BCH** Ciencias Químicas (CH);
9. **ID** Área de Idiomas.
10. **BEF** Ética y Filosofía Política
11. **BME** Metodología del Aprendizaje
12. **BRC** Redacción y Comunicación
13. **BLW** Legislación
14. **BMI** Metodología de la Investigación en Ingeniería
15. **BIC** Introducción a la Computación
16. **BRN** Realidad Nacional, Constitución y Derechos Humanos
17. **BEC** Economía General

Al mismo tiempo, los cursos están clasificados en:

- Estudios generales
- Específicos
- Especialización

6.2. Estructura Curricular

La relación de cursos se muestra a continuación:

HT = Horas de teoría, HP = Horas de práctica, CR = Créditos, T = Tipo de curso.

O = Obligatorio, E = Electivo.

Primer Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
MA100	Matemática Básica (Pág 279)	Estudios generales	3	4	5	O	
MA111	Cálculo I (Pág 283)	Estudios generales	3	4	5	O	
BCH101	Química I (Pág 285)	Estudios generales	3	2	5	O	
BME101	Taller de Metodología del Aprendizaje (Pág 289)	Estudios generales	2	2	2	O	
BRC101	Redacción y Comunicación (Pág 294)	Estudios generales	2	2	2	O	
BIC101	Introducción a la Programación (Pág 296)	Estudios generales	3	4	5	O	
BEC101	Economía General (Pág 301)	Específicos	2	2	3	O	
					5		

Segundo Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
CE1G1	Geología General (Pág 305)	Estudios generales	3	2	3	O	
CS100	Introducción a la Ciencia de la Computación (Pág 309)	Estudios generales	2	2	3	O	
AI161	IA Aplicada (Pág 320)	Específicos	2	4	4	O	BIC101 (1er Sem)
CB1E1	Dibujo Técnico y CAD (Pág 324)	Estudios generales	4	2	3	O	
MA112	Cálculo II (Pág 327)	Estudios generales	3	4	5	O	MA111 (1er Sem)
BFI101	Física I (Pág 331)	Estudios generales	3	4	5	O	MA111 (1er Sem)
ID101	Inglés I (Pág 336)	Estudios generales	1	2	2	O	
BEF201	Ética y Filosofía Política (Pág 340)	Estudios generales	1	2	2	O	
					5		

Tercer Semestre

Código	Curso	Área	HT	HP	CR	T	Requisitos
CE1M1	Estática (Pág 343)	Especialización	4	4	4	O	BFI101 (2do Sem)
CE2C1	Tecnología de los Materiales (Pág 346)	Específicos	3	2	4	O	BCH101 (1er Sem)
CB1E2	Dibujo de Ingeniería II (Pág 352)	Estudios generales	3	2	4	O	CB1E1 (2do Sem)
MA121	Algebra Lineal I (Pág 355)	Estudios generales	3	4	5	O	MA100 (1er Sem)
MA210	Cálculo III (Pág 357)	Estudios generales	3	2	4	O	MA112 (2do Sem)
BFI102	Física II (Pág 360)	Estudios generales	4	2	5	O	BFI101 (2do Sem)
ID102	Inglés II (Pág 365)	Estudios generales	1	2	2	O	ID101 (2do Sem)
					10		

Cuarto Semestre

Código	Curso	Área	HT	HP	CR	T	Requisitos
CE1M2	Dinámica (Pág 369)	Especialización	4	4	4	O	CE1M1 (3er Sem), BFI102 (3er Sem)
CE2C3	Tecnología del Concreto I (Pág 372)	Específicos	3	2	4	O	CE2C1 (3er Sem)
CE2M1	Mecánica de Materiales I (Pág 377)	Especialización	4	4	5	O	CE1M1 (3er Sem), MA210 (3er Sem)
MA202	Métodos Numéricos (Pág 380)	Estudios generales	2	2	3	O	MA121 (3er Sem), BIC101 (1er Sem)
MA211	Cálculo IV (Pág 385)	Estudios generales	3	4	5	O	MA210 (3er Sem), MA121 (3er Sem)
STA251	Estadística y Probabilidades (Pág 388)	Estudios generales	1	4	3	O	MA112 (2do Sem)
ID201	Inglés III (Pág 393)	Estudios generales	1	2	2	O	ID102 (3er Sem)
					15		

	Quinto Semestre							
	Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
	CE2G1	Mecánica de Suelos I (Pág 397)	Específicos	3	2	4	O	CE1G1 (2do Sem), CE2M1 (4to Sem)
	CE2H1	Mecánica de Fluidos I (Pág 400)	Específicos	4	2	5	O	CE1M1 (3er Sem), CE1M2 (4to Sem), MA211 (4to Sem)
	MA212	Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Pág 407)	Estudios generales	4	4	6	O	MA211 (4to Sem)
	ID202	Inglés IV (Pág 409)	Estudios generales	1	2	2	O	ID201 (4to Sem)
Electivo	CE2M2	Mecánica de Materials II (Pág 413)	Especialización	4	4	4	E	CE2M1 (4to Sem)
						15		

Sexto Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
CE2G2	Mecánica de Suelos II (Pág 415)	Específicos	3	2	4	O	CE2G1 (5to Sem)
CE2T1	Geomática Básica (Pág 419)	Específicos	3	2	4	O	
CE3H1	Mecánica de Fluidos II (Pág 423)	Específicos	2	4	4	O	CE2H1 (5to Sem)
ID203	Inglés V (Pág 426)	Estudios generales	1	2	2	O	ID202 (5to Sem)
BRN2C1	Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (Pág 430)	Estudios generales	1	2	2	O	
					16		

Séptimo Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
CE2C6	Acondicionamiento Territorial (Pág 435)	Específicos	2	2	3	O	CE1G1 (2do Sem)
CE2S1	Análisis Estructural I (Pág 438)	Específicos	4	2	5	O	CE2M1 (4to Sem)
CE2S2	Concreto Armado I (Pág 441)	Específicos	4	2	5	O	CE2M1 (4to Sem)
CE2S3	Diseño en Acero (Pág 444)	Específicos	4	2	5	O	CE2M1 (4to Sem)
CE2T2	Geomática Aplicada (Pág 447)	Específicos	3	2	4	O	CE2T1 (6to Sem)
CE2T3	Geodesia (Pág 450)	Específicos	3	2	4	O	CE2T1 (6to Sem)
CE3G3	Geología Aplicada (Pág 453)	Específicos	3	2	4	O	CE2G2 (6to Sem)
CE3H2	Hidrología General (Pág 458)	Específicos	2	2	3	O	CE3H1 (6to Sem), STA251 (4to Sem)
					3		

Octavo Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
CE2C2	Tecnología de la Construcción I (Pág 461)	Específicos	2	1	3	O	CE2C1 (3er Sem)
CE2C8	Gestión Empresarial en la Construcción I (Pág 465)	Específicos	4	2	3	O	BEC101 (1er Sem)
CE2T4	Ingeniería de Transportes (Pág 469)	Específicos	3	2	4	O	CE2G1 (5to Sem), CE2H1 (5to Sem), CE2T3 (7mo Sem)
CE3G1	Dinámica de Suelos (Pág 474)	Específicos	3		3	O	CE3G3 (7mo Sem)
CE3G2	Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (Pág 478)	Específicos	3	2	4	O	CE3G3 (7mo Sem)
CE3H4	Recursos Hidráulicos (Pág 483)	Específicos	2	4	4	O	CE3H2 (7mo Sem)
CE3S4	Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (Pág 489)	Específicos	4	2	4	O	CE2S1 (7mo Sem), CE2S2 (7mo Sem)
CE3S5	Puentes y Obras de Arte (Pág 492)	Específicos	2	2	3	O	CE2S1 (7mo Sem), CE2S2 (7mo Sem)
CE3T1	Fotogrametría Aérea (Pág 495)	Específicos	3	2	4	O	CE2T3 (7mo Sem)
CE3T2	Cartografía General y Diseño Cartográfico (Pág 498)	Específicos	3	2	4	O	CE2T3 (7mo Sem)
CE3T3	Sistemas de Información Geográfica (Pág 502)	Específicos	3	2	4	O	CE2T3 (7mo Sem)
CE3T8	Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (Pág 505)	Específicos	3	2	4	O	190Cr
BMI201	Metodología de la Investigación en Ingenieria (Pág 510)	Especialización	4	4	4	O	150Cr
					8		

Noveno Semestre							
Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
CE2C5	Planeamiento y programación de obras (Pág 513)	Específicos	4	2	3	O	CE2C2 (8vo Sem)
CE2T5	Diseño Vial (Pág 516)	Específicos	3	2	4	O	CE2T1 (6to Sem), CE2T4 (8vo Sem)
CE3C15	Taller de Competencias Profesionales (Pág 521)	Específicos	4	2	3	O	190Cr
CE3C2	Tecnología de la Construcción II (Pág 529)	Específicos	3	2	4	O	CE2C2 (8vo Sem)
CE3C5	Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (Pág 534)	Específicos	4	2	3	O	CE2C2 (8vo Sem)
CE3C6	Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (Pág 537)	Específicos	2	4	4	O	CE3H4 (8vo Sem)
CE3H3	Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Pág 540)	Específicos	4	2	4	O	CE3H2 (7mo Sem)
CE3S1	Análisis Estructural II (Pág 551)	Específicos	2	4	4	O	CE2S1 (7mo Sem)
CE3S11	Taller de Competencia Profesional - Estructuras (Pág 555)	Específicos	1	4	3	O	CE3S4 (8vo Sem)
CE3S8	Arquitectura y Modelos Estructurales (Pág 562)	Específicos	2	4	3	O	CE2S1 (7mo Sem)
CE3T4	Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (Pág 570)	Específicos	3	2	4	O	CE2T4 (8vo Sem)
CE402	Proyecto de final de carrera I (Pág 575)	Especialización	4	4	4	O	BMI201 (8vo Sem)
BLW201	Legislación (Pág 577)	Específicos	1	1	4	O	
Electivo CE3G4	Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (Pág 584)	Específicos	3	2	3	E	CE3G3 (7mo Sem)
Electivo CE3G5	Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (Pág 587)	Específicos	3	2	4	E	CE3G3 (7mo Sem)
Electivo CE3G6	Presas de Tierra (Pág 591)	Específicos	3	2	4	E	CE3G1 (8vo Sem)
Electivo CE3S7	Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (Pág 596)	Específicos	4	2	3	E	CE3S4 (8vo Sem)
Electivo CE3S9	Concreto Presforzado (Pág 600)	Específicos	2	2	3	E	CE2S2 (7mo Sem)
					16		

Décimo Semestre								
	Código	**Curso**	**Área**	**HT**	**HP**	**CR**	**T**	**Requisitos**
	CE3C11	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (Pág 603)	Específicos	4	2	3	O	CE3H1 (6to Sem)
	CE3C9	Gestión Integrada de la Construcción (Pág 606)	Específicos	4	2	3	O	CE3C2 (9no Sem)
	CE3G7	Taller de Competencias Profesionales (Pág 611)	Específicos	2	4	3	O	CE3G2 (8vo Sem)
	CE3H5	Hidráulica Fluvial (Pág 618)	Específicos	2	4	4	O	CE3H2 (7mo Sem)
	CE3H6	Irrigación e Hidroenergia (Pág 622)	Específicos	2	4	4	O	CE3H4 (8vo Sem)
	CE3H9	Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (Pág 628)	Específicos			3	O	CE3H2 (7mo Sem)
	CE3S10	Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (Pág 631)	Específicos	2	4	4	O	CE3S4 (8vo Sem)
	CE3S12	Taller de Investigación (Pág 635)	Específicos	2	4	3	O	BMI201 (8vo Sem)
	CE3S2	Concreto Armado II (Pág 640)	Específicos	4	2	4	O	CE2S2 (7mo Sem)
	CE3S6	Albañilería, Adobe y Madera (Pág 645)	Específicos	2	4	3	O	CE3S4 (8vo Sem)
	CE3T5	Planificación de Transporte (Pág 649)	Específicos	3	2	4	O	CE3T4 (9no Sem)
	CE3T6	Ingeniería de Pavimentos (Pág 653)	Específicos	3	2	4	O	CE2T5 (9no Sem)
	CE3T7	Puertos (Pág 657)	Específicos	3	2	4	O	CE2T5 (9no Sem)
	CE3T9	Taller de Investigación (Pág 661)	Específicos	3	2	4	O	BMI201 (8vo Sem), CE3T8 (8vo Sem)
	CE403	Proyecto de final de carrera II (Pág 666)	Especialización	4	4	4	O	CE402 (9no Sem)
Electivo	CE2C7	Organización y Dirección de Empresas (Pág 668)	Específicos	2	2	3	E	CE2C8 (8vo Sem)
	CE3C13	Planeamiento y Control de Proyectos (Pág 674)	Específicos	2	2	4	E	CE3C5 (9no Sem)
	CE3C14	Infraestructura Sostenible y Resiliente (Pág 678)	Específicos	2	1	3	E	CE2C1 (3er Sem), CE2C2 (8vo Sem)
						12		

Total de créditos de la carrera: 105 .

6.3. Tópicos distribuídos por curso

6.3.1. Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*)/curso

		Primer Sem							Segundo Sem								.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) **Cursos →**	MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIC101	BEC101	CE1G1	CS100	AI161	CB1E1	MA112	BFI101	ID101	BEF201	Total
★	GGL/Mineralogía (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								6								6
★	GGL/Petrología y el Ciclo de las Rocas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								6								6
★	GGL/Geología Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								6								6
★	GGL/Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								4								4
★	GGL/Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								6								6
★	GGL/Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								4								4
★	GGL/Geología Aplicada (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								6								6
★	PPL/Comunicación Escrita y Redacción Técnica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				2	19											21
★	PPL/Presentación Oral y Comunicación Profesional (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				1	19											20
★	PPL/Comunicación Digital y Colaborativa (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				1	18											19
★	PPL/Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				4												4
	Total	0	0	0	8	56	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.1: Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 1er al 2do Semestre

		Tercer Sem							Cuarto Sem							.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) **Cursos →**	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BF1102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201	Total
⭐	EMM/Ciencia de Materiales de Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		10							12						22
⭐	EMM/Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										24					24
⭐	EMM/Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		24							25						49
⭐	EMM/Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									6						6
⭐	EMM/Transporte y Colocación del Concreto (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		20							4						24
⭐	EMM/Control Estadístico de la Calidad del Concreto (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		20							3						23
⭐	EMM/Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		5													5
⭐	EMM/Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4							4						8
⭐	EMM/Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		5													5
⭐	EMM/Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		18													18
⭐	EMM/Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	8														8
⭐	EMM/Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	12														12
⭐	EMM/Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	12														12
⭐	EMM/Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								10							10
⭐	EMM/Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								10							10
⭐	EMM/Introducción a las Vibraciones Estructurales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								12							12
⭐	SAD/Diseño de Estructuras de Mampostería (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4													4
⭐	SAD/Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6													6
⭐	SAD/Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									3						3

	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →	Quinto Sem CE2G1	CE2H1	MA212	ID202	CE2M2	CE2G2	Sexto Sem CE2T1	CE3H1	ID203	BRN2C1	Total
★	EMM/Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		13									13
★	GTE/Relaciones de Fase y Filtración (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	66										66
★	GTE/Resistencia al Corte y Consolidación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						30					30
★	GTE/Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	4										4
★	GTE/Capacidad Portante y Diseño (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						10					10
★	GTE/Cimentaciones Profundas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						10					10
★	GTE/Sistemas de Retención de Tierra (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						10					10
★	GTE/Análisis y Estabilización de Taludes (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						10					10
★	GGL/Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	4										4
★	WRH/Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								30			30
★	WRH/Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		8						42			50
★	WRH/Diseño de Estructuras Hidráulicas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6						12			18
	Total	74	27	0	0	0	70	0	84	0	0	

Cuadro 6.3: Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 5to al 6to Semestre

		Séptimo Sem								.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) **Cursos →**	CE2C6	CE2S1	CE2S2	CE2S3	CE2T2	CE2T3	CE3G3	CE3H2	Total
★	SAD/Métodos de Energía para el Análisis Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		36							36
★	SAD/Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		36							36
★	SAD/Método de las Pendientes y Deflexiones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		14							14
★	SAD/Método de Distribución de Momentos (Cross) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4							4
★	SAD/Diseño de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			68						68
★	SAD/Diseño de Escaleras de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6						6
★	SAD/Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				19					19
★	SAD/Diseño de Elementos de Acero a Flexión (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				29					29
★	SAD/Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				36					36
★	GTE/Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							5		5
★	GTE/Capacidad Portante y Diseño (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			10						10
★	GGL/Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							10		10
★	GGL/Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							5		5
★	GGL/Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							5		5
★	GGL/Geología Aplicada a Carreteras y Canales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							15		15
★	GGL/Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							20		20
★	GGL/Peligros Geológicos y Movimientos de Masa (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							10		10
★	WRH/Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								22	22
★	WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								17	17
★	WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								17	17
	Total	0	90	84	84	0	0	70	56	

Cuadro 6.4: Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 7mo Semestre

Octavo Sem .

Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BMI201	Total
SAD/Sismología y Desastres Naturales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							17							17
SAD/Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							11							11
SAD/Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							56							56
SAD/Diseño de Superestructura de Puentes (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								36						36
SAD/Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								4						4
GTE/Capacidad Portante y Diseño (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					26									26
GTE/Cimentaciones Profundas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					8									8
GTE/Análisis y Estabilización de Taludes (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				6	6									12
GTE/Ingeniería Geotécnica Sísmica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				42	3									45
GTE/Técnicas de Mejoramiento de Suelos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				6	10									16
GTE/Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					17									17
WRH/Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						11								11
WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						9								9
WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						8								8
WRH/Hidrología Subterránea (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						8								8
WRH/Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						12								12
ESE/Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						3								3
CEM/Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	38													38
CEM/Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)	4													4
DTC/Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega	3													3

		Noveno Sem																		.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
★	EMM/Ciencia de Materiales de Construcción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							6												6
★	EMM/Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							6		10										16
★	EMM/Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6				4		6										16
★	SAD/Análisis Estructural I (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										8									8
★	SAD/Análisis Estructural Matricial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								38											38
★	SAD/Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									10								4		14
★	SAD/Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								14	10										24
★	SAD/Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								12											12
★	SAD/Diseño de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				6					10										16
★	SAD/Detalles Sísmicos de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									3									16	19
★	SAD/Análisis de Concreto Presforzado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									3									16	19
★	SAD/Diseño de Concreto Presforzado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									4									20	24
★	SAD/Diseño de Estructuras de Mampostería (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				6															6
★	SAD/Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								20											20

Noveno Sem	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →																			
GTE/Instrumentación y Monitoreo de Presas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																12			12
GTE/Construcción de Presas de Tierra (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																8			8
GTE/Operación y Gestión de la Seguridad de Presas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																8			8
WRH/Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							2												2
WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							2												2
WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							2												2
WRH/Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							8												8
WRH/Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							6												6
WRH/Diseño de Estructuras Hidráulicas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
WRH/Sistemas de Agua Urbanos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							8												8
ESE/Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							8												8
ESE/Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
ESE/Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6			40	4												50
ESE/Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres						32													32

Noveno Sem	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →									2										2
★ DTC/Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6							36									48
★ DTC/Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6																	6
★ SRI/Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									8										8
★ SRI/Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4			4									8
★ PPL/ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									4										4
★ PPL/Comunicación Escrita y Redacción Técnica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										2									2
★ PPL/Presentación Oral y Comunicación Profesional (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										1									1
★ PPL/Comunicación Digital y Colaborativa (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										1									1
★ PPL/Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6																6
★ PPL/Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										4									4
★ PPL/Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										4									4
★ PPL/Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente (1 hora Core-Tier1, 1																	2		2

	Décimo Sem																	.
Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	Total
SAD/Sismología y Desastres Naturales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							6												6
SAD/Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							6												6
SAD/Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							12												12
SAD/Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									4										4
SAD/Diseño de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									18										18
SAD/Detalles Sísmicos de Concreto Armado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									7										7
SAD/Análisis de Concreto Presforzado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									7										7
SAD/Diseño de Concreto Presforzado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									8										8
SAD/Proyecto Integrador de Diseño Estructural (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)									12										12
SAD/Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										12									12
SAD/Diseño de Estructuras de Mampostería (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										22									22
SAD/Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										33									33
SAD/Diseño de Estructuras de Adobe (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)										17									17
SAD/Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							48												48

Décimo Sem

Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) Cursos →	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	. Total
★ WRH/Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						4													4
★ WRH/Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						3													3
★ WRH/Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				8	9														17
★ WRH/Diseño de Estructuras Hidráulicas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				2	12	66													80
★ WRH/Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					9														9
★ WRH/Demanda Agrícola de Agua (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					12														12
★ WRH/Diseño de Sistemas de Riego (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					33														33
★ WRH/Drenaje Agrícola y Subsuperficial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					9														9
★ WRH/Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					15														15
★ RIV/Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				22															22
★ RIV/Socavación y Morfología Fluvial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				26															26
★ RIV/Ingeniería Fluvial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				24															24
★ ESE/Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		12																	12
★ ESE/Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		12			3														15
★ CEM/Planificación, Programación y Con-																	16		16

		Décimo Sem																		
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*)Cursos →	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	Total
★	PPL/Presentación Oral y Comunicación Profesional (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								3						3					6
★	PPL/Comunicación Digital y Colaborativa (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								2						2					4
★	PPL/Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																	12		12
★	PPL/Contexto Profesional y Normativo (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							12												12
	Total	56	64	84	82	102	78	84	12	108	84	0	0	0	12	0	0	40	46	

Cuadro 6.11: Tópicos de Ingeniería Civil (*Civil Engineering*) por curso del 10mo Semestre (Parte 3 de 3)

6.3.2. Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*)/curso

		Primer Sem							Segundo Sem								
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) Cursos →	MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIC101	BEC101	CE1G1	CS100	AI161	CB1E1	MA112	BFI101	ID101	BEF201	Total
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.12: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 1er al 2do Semestre

	Tercer Sem							Cuarto Sem							.
Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) **Cursos →**	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BFI102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201	Total
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.13: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 3er al 4to Semestre

	Quinto Sem						Sexto Sem				.
Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) **Cursos →**	CE2G1	CE2H1	MA212	ID202	CE2M2	CE2G2	CE2T1	CE3H1	ID203	BRN2C1	Total
TOP/Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición							6				6
TOP/Planimetría							18				18
TOP/Nivelación y Control Vertical							18				18
TOP/Estación Total y Teodolito							6				6
TOP/Topografía GNSS							6				6
TOP/Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno							18				18
TOP/Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras							6				6
TOP/Replanteo de Obra							6				6
Total	0	0	0	0	0	0	84	0	0	0	

Cuadro 6.14: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 5to al 6to Semestre

Séptimo Sem	CE2C6	CE2S1	CE2S2	CE2S3	CE2T2	CE2T3	CE3G3	CE3H2	Total
Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*)Cursos →									
TOP/Topografía GNSS					15				15
TOP/Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno					30				30
TOP/Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras					10				10
TOP/Replanteo de Obra					15				15
GEO/Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia						22			22
GEO/Redes Geodésicas de Control						13			13
GEO/Geodesia Física y el Campo Gravitacional						10			10
GEO/Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión						25			25
Total	0	0	0	0	70	70	0	0	

Cuadro 6.15: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 7mo Semestre

		Octavo Sem													.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) **Cursos →**	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BMI201	Total
★	TIE/Gestión de Activos Viales y de Puentes (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)								2						2
	GDE/Diseño del Alineamiento Horizontal												10		10
	TRE/Planificación de Transporte y Economía			2									15		17
	TFE/Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad												5		5
	TFE/Operaciones y Gestión del Tráfico												10		10
	TFE/Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados			3											3
	TFE/Ingeniería de Seguridad Vial												10		10
	TFE/Dispositivos de Control del Tránsito			2									10		12
	APE/Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda			3											3
	APE/Diseño Geométrico del Lado Aire			4											4
	RWE/Diseño de Alineamiento Ferroviario			3											3
	RWE/Capacidad y Operaciones Ferroviarias			4											4
	PTE/Planificación Portuaria			2											2
	PTE/Hidráulica Marítima para Puertos			2											2
	PTE/Diseño de Atraques y Muelles			3											3
	TOP/Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno												5		5
	CAR/Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia										30				30
	CAR/Diseño Cartográfico y Generalización										12				12
	CAR/Cartografía Topográfica y Temática										30				30
	CAR/Modelos de Datos y Estándares Cartográficos										12				12
	FOT/Fundamentos Fotogramétricos									20					20
	FOT/Triangulación Aérea y Georreferenciación									8					8
	FOT/Productos Fotogramétricos Digitales									18					18
	FOT/Fotogrametría UAV y de Corto Alcance									10					10
	SIG/Fundamentos y Modelos de Datos SIG											16			16
	SIG/Análisis Espacial y Geoprocesamiento											17			17

Cuadro 6.16: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 8vo Semestre (Parte 1 de 2)

Octavo Sem.	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BM1201	Total
Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) **Cursos →**														
SIG/Adquisición e Integración de Datos SIG											17			17
SIG/Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil											20			20
Total	0	0	28	0	0	0	0	2	56	84	70	65	0	

Cuadro 6.17: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 8vo Semestre (Parte 2 de 2)

		Noveno Sem																		.
	Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) Cursos →	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
★	TIE/Materiales de Pavimento y Caracterización (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)														6					6
★	TIE/Diseño y Gestión de Pavimentos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)														14					14
★	TIE/Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)														10					10
	GDE/Controles y Criterios de Diseño		14																	14
	GDE/Diseño del Alineamiento Horizontal		20																	20
	GDE/Diseño del Alineamiento Vertical		12																	12
	GDE/Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral		14																	14
	GDE/Intersecciones a Nivel e Intercambiadores		10																	10
	GDE/Diseño Sensible al Contexto y Multimodal		8									8								16
	TRE/Planificación de Transporte y Economía											4								4
	TFE/Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad											16								16
	TFE/Operaciones y Gestión del Tráfico											8								8
	TFE/Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados											4								4
	TFE/Ingeniería de Seguridad Vial											4								4
	TFE/Dispositivos de Control del Tránsito											14								14
	TFE/Estudios de Impacto Vial											4								4
	Total	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	30	0	0	0	0	

Cuadro 6.18: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 9no Semestre

	Décimo Sem																	.
Unidades de Conocimiento de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) Cursos →	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	Total
★ TIE/Materiales de Pavimento y Caracterización (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												10							10
★ TIE/Diseño y Gestión de Pavimentos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												44							44
★ TIE/Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												15							15
★ TIE/Gestión de Activos Viales y de Puentes (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												5							5
TRE/Planificación de Transporte y Economía											15								15
TRE/Economía y Financiamiento del Transporte											15								15
TRE/Transporte de Carga y Logística											15								15
TRE/Planificación de Sistemas de Transporte Público											20								20
TFE/Operaciones y Gestión del Tráfico											5								5
PTE/Planificación Portuaria													14						14
PTE/Hidráulica Marítima para Puertos													4						4
PTE/Rompeolas y Estructuras Costeras													12						12
PTE/Diseño de Atraques y Muelles													16						16
PTE/Dragado y Batimetría													2						2
PTE/Manipulación de Carga y Diseño de Patios													4						4
PTE/Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria													4						4
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	74	56	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.19: Tópicos de Ingeniería de Transportes (*Transportation Engineering*) por curso del 10mo Semestre

6.3.3. Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*)/curso

		Primer Sem							Segundo Sem								
	Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIC101	BEC101	CE1G1	CS100	AI161	CB1E1	MA112	BFI101	ID101	BEF201	Total
★	CAN/Funciones Vectoriales de una Variable Real (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												10				10
★	CAN/Límites y Continuidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		20														20
★	CAN/Cálculo Diferencial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		20														20
★	CAN/Cálculo Integral (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		10										14				24
★	CAN/Integrales Impropias (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												6				6
★	CAN/Sucesiones, Series y Series de Potencias (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												14				14
★	CAN/Aplicaciones de la Integral Definida (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												16				16
★	CAN/Geometría en el Espacio (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												6				6
★	CAN/Superficies Cuádricas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												6				6
★	CAN/Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												12				12
★	CME/Cinemática y Dinámica de Partículas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													22			22
★	CME/Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													12			12
★	CME/Movimiento Rotacional y Momento Angular (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													12			12
★	CME/Sistemas de Partículas y Momento Lineal (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													8			8
★	CME/Elasticidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													2			2
★	CME/Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													10			10
★	CME/Vibraciones y Ondas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													14			14
★	CME/Fenómeno de Transporte (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4			4

Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) Cursos →	MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIG101	BEC101	CE1G1	CS100	AI161	CB1E1	MA112	BFI101	ID101	BEF201	Total
	Primer Sem									Segundo Sem						.
★ GCH/Polímeros y Geosintéticos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			4													4
★ GCH/Equilibrio Químico (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			4													4
★ GCH/Equilibrio Iónico e Hidrólisis de Sales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			12													12
★ GCH/Sales, Solubilidad y Equilibrios de Precipitación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			6													6
★ GCH/Electroquímica y Electrólisis (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			8													8
★ GCH/Química del Cemento (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			4													4
Total	0	50	90	0	0	0	0	0	0	0	0	84	84	0	0	

Cuadro 6.21: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 1er al 2do Semestre (Parte 2 de 2)

		Tercer Sem							Cuarto Sem							.
	Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BF1102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201	Total
★	CAN/Integrales de Línea y Campos Vectoriales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					18										18
★	CAN/Integrales Múltiples (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					12										12
★	CAN/Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					16										16
★	CAN/Cálculo Multivariable y Vectorial (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					22										22
★	ANT/Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				28											28
★	ANT/Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				22											22
★	ANT/Valores Propios y Espacios con Producto Interno (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)				20											20
★	MMS/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)					16							30			46
★	MMS/Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												20			20
★	MMS/Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												16			16
★	MMS/Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)												4			4
★	PST/Análisis de Series Temporales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											2				2
★	NSA/Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											6				6
★	NSA/álgebra Lineal Numérica (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											12				12
★	NSA/Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											10				10
★	NSA/Teoría de Aproximación e Interpolación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											10				10
★	NSA/Integración Numérica y Cuadratura (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											10				10
★	NSA/Métodos Numéricos para EDO y EDP (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											12				12
★	NSA/Método de Elementos Finitos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)											8				8
★	NSA/Algoritmos de Optimización (1 hora Core-Tier1, 1 hora											4				4

		Tercer Sem							Cuarto Sem							.
	Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BFI102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201	Total
★	ELM/Energía Electrostática y Dieléctricos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						6									6
★	ELM/Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						7									7
★	ELM/Propiedades Magnéticas de la Materia (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						7									7
★	ELM/Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						6									6
★	ELM/Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						4									4
★	PRO/Espacios Muestrales y Eventos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Axiomas y Propiedades de la Probabilidad (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Probabilidad Condicional e Independencia (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	PRO/Teoremas Límite: LGN y TCL (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	DSC/Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	INF/Estimación Puntual (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	INF/Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	INF/Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	INF/Inferencia Bayesiana (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
★	REG/Regresión Lineal Simple (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)													4		4
	Total	0	0	0	70	84	84	0	0	0	0	82	70	52	0	

Cuadro 6.23: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 3er al 4to Semestre (Parte 2 de 2)

		Quinto Sem					Sexto Sem					.
	Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	CE2G1	CE2H1	MA212	ID202	CE2M2	CE2G2	CE2T1	CE3H1	ID203	BRN2C1	Total
⭐	MMS/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4	20								24
⭐	MMS/Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO) (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)			40								40
⭐	MMS/Dinámica de Fluidos Matemática (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6									6
⭐	NSA/Métodos Numéricos para EDO y EDP (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		8	36								44
⭐	NSA/Método de Elementos Finitos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6									6
⭐	CME/Cinemática y Dinámica de Partículas (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6									6
⭐	CME/Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		21									21
⭐	CME/Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		21									21
⭐	CME/Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		8									8
⭐	TSM/Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4									4
⭐	TSM/Teoría Cinética de los Gases (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		4									4
	Total	0	88	96	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.24: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 5to al 6to Semestre

Séptimo Sem	CE2C6	CE2S1	CE2S2	CE2S3	CE2T2	CE2T3	CE3G3	CE3H2	Total
Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6.25: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 7mo Semestre

Octavo Sem	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BM1201	Total
Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6.26: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 8vo Semestre

Noveno Sem	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) **Cursos →**																			
PST/Estadística Matemática y Teoría de Estimación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
NSA/Método de Elementos Finitos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)															6				6
NSA/Algoritmos de Optimización (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
DMC/Teoría de Grafos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
MBL/Dinámica de Poblaciones (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
FAM/Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
INC/Química del Estado Sólido y Materiales (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)							4												4
Total	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	

Cuadro 6.27: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 9no Semestre

	Décimo Sem																	.
Unidades de Conocimiento de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) Cursos →	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	Total
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.28: Tópicos de Ciencia de la Ingeniería (*Engineering Science*) por curso del 10mo Semestre

6.3.4. Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*)/curso

	Primer Sem							Segundo Sem								.
Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) Cursos →	MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIC101	BEC101	CE1G1	CS100	AI161	CB1E1	MA112	BFI101	ID101	BEF201	Total
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.29: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 1er al 2do Semestre

	Tercer Sem							Cuarto Sem							.
Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) Cursos →	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BFI102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201	Total
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.30: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 3er al 4to Semestre

Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*)	Cursos →	CE2G1	CE2H1	MA212	ID202	CE2M2	CE2G2	CE2T1	CE3H1	ID203	BRN2C1	Total
Quinto Sem										Sexto Sem		
↑												Total
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6.31: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 5to al 6to Semestre

Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*)	Cursos →	CE2C6	CE2S1	CE2S2	CE2S3	CE2T2	CE2T3	CE3G3	CE3H2	Total
Séptimo Sem										
↑										Total
		0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6.32: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 7mo Semestre

Octavo Sem	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BM1201	Total
Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) **Cursos →**						12								12
PL/Planificación del Alcance y los Requisitos (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)														
PL/Planificación del Cronograma (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						2								2
PL/Planificación de Costos y Presupuesto (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)						1								1
Total	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.33: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 8vo Semestre

Noveno Sem	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9	Total
Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) **Cursos →**			6																6
MS/Tableros de Control y Radiadores de Información (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																			
Total	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Cuadro 6.34: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 9no Semestre

	Décimo Sem																		.
Unidades de Conocimiento de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) **Cursos →**	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14	Total
DL/Actividades de Inicio y Cierre (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6																	6
PL/Principios de Planificación (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)																	16		16
MS/Indicadores Clave de Rendimiento (1 hora Core-Tier1, 1 hora Core-Tier2)		6																	6
Total	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	

Cuadro 6.35: Tópicos de Gerencia de Proyectos (*Project Management*) por curso del 10mo Semestre

6.4. Resultados esperados distribuídos por curso

Las siquientes tablas nos muestras una visión global de los resultados que se esperan lograr en cada curso de la presente malla curricular. La lista completa de resultados esperados se encuentra en la Sección: 1.5.1.

	Competencia/Curso	Primer Sem									Segundo Sem								
		MA100	MA111	BCH101	BME101	BRC101	BIC101	BEC101	CEIG1	CS100	AII61	CBIE1	MA112	BFI101	IDI101	BEF201			
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.	1	1	1			1	2	2	1	1	2	1	1					
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.							2				2				1			
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.				1	1									1				
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.									1	1					2			
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.														1				
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.				1				2										
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.				1		1			1									

Cuadro 6.36: Resultados esperados por curso 1er al 2do Semestre

		Tercer Sem							Cuarto Sem						
	Competencia/Curso	CE1M1	CE2C1	CB1E2	MA121	MA210	BFI102	ID102	CE1M2	CE2C3	CE2M1	MA202	MA211	STA251	ID201
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.	2	2	2	1	1	2		2	2	2	2	1	1	
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.		2	2						2		2			
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.							1							1
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.														
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.							1							1
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.	2	2						2	2	2	2			
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.														

Cuadro 6.37: Resultados esperados por curso 3er al 4to Semestre

		Quinto Sem					Sexto Sem				
	Competencia/Curso	CE2G1	CE2H1	MA212	ID202	CE2M2	CE2G2	CE2T1	CE3H1	ID203	BRN2C1
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.	2	2	1		2	2	2	2		
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.		2				2		2		
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.				1					1	
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.										2
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.				1					1	
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.	2	2			2		2	2		
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.										

Cuadro 6.38: Resultados esperados por curso 5to al 6to Semestre

		Séptimo Sem							
	Competencia/Curso	CE2C6	CE2S1	CE2S2	CE2S3	CE2T2	CE2T3	CE3G3	CE3H2
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.	2	2	2	2	2	2	2	2
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.	2	2	2	2	2	2	2	
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.								
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.								
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.								
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.					2	2	2	2
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.								

Cuadro 6.39: Resultados esperados por curso 7mo Semestre

		Octavo Sem											
	Competencia/Curso	CE2C2	CE2C8	CE2T4	CE3G1	CE3G2	CE3H4	CE3S4	CE3S5	CE3T1	CE3T2	CE3T3	CE3T8	BMI201
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.													
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.													
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.													
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	1
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.													

Cuadro 6.40: Resultados esperados por curso 8vo Semestre

	Competencia/Curso	CE2C5	CE2T5	CE3C15	CE3C2	CE3C5	CE3C6	CE3H3	CE3S1	CE3S11	CE3S8	CE3T4	CE402	BLW201	CE3G4	CE3G5	CE3G6	CE3S7	CE3S9
Noveno Sem																			
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.		2	2	2			2	2	2	2	2	3		2	2	2	2	2
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.												3						
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.												3	1					
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.	2											3						
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.		2	2		2		2	2	2	2	2			2	2	2	2	
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.																		

Cuadro 6.41: Resultados esperados por curso 9no Semestre

Décimo Sem

	Competencia/Curso	CE3C11	CE3C9	CE3G7	CE3H5	CE3H6	CE3H9	CE3S10	CE3S12	CE3S2	CE3S6	CE3T5	CE3T6	CE3T7	CE3T9	CE403	CE2C7	CE3C13	CE3C14
ABET-1)	Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2		3	2	2	2
ABET-2)	Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2		3	2	2	
ABET-3)	Comunicarse efectivamente.								2						2	3			
ABET-4)	Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.								2						2	3			
ABET-5)	Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.															3			
ABET-6)	Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.		2	2					2				2	2	2		2		
ABET-7)	Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.																		

Cuadro 6.42: Resultados esperados por curso 10mo Semestre

6.5. Cursos por resultado (*Outcome*)

6.5.1. Outcome: ABET-1) Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.

- MA100 Matemática Básica (1er Sem-Pág 279)
- MA111 Cálculo I (1er Sem-Pág 283)
- BCH101 Química I (1er Sem-Pág 285)
- BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem-Pág 296)
- BEC101 Economía General (1er Sem-Pág 301)
- CE1G1 Geología General (2do Sem-Pág 305)
- CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (2do Sem-Pág 309)
- AI161 IA Aplicada (2do Sem-Pág 320)
- CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (2do Sem-Pág 324)
- MA112 Cálculo II (2do Sem-Pág 327)
- BFI101 Física I (2do Sem-Pág 331)
- CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
- CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)
- CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (3er Sem-Pág 352)
- MA121 Algebra Lineal I (3er Sem-Pág 355)
- MA210 Cálculo III (3er Sem-Pág 357)
- BFI102 Física II (3er Sem-Pág 360)
- CE1M2 Dinámica (4to Sem-Pág 369)
- CE2C3 Tecnología del Concreto I (4to Sem-Pág 372)
- CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)
- MA202 Métodos Numéricos (4to Sem-Pág 380)
- MA211 Cálculo IV (4to Sem-Pág 385)
- STA251 Estadística y Probabilidades (4to Sem-Pág 388)
- CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem-Pág 397)
- CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)
- MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (5to Sem-Pág 407)
- CE2M2 Mecánica de Materials II (5to Sem-Pág 413)
- CE2G2 Mecánica de Suelos II (6to Sem-Pág 415)
- CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)
- CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)
- CE2C6 Acondicionamiento Territorial (7mo Sem-Pág 435)
- CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)
- CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)
- CE2S3 Diseño en Acero (7mo Sem-Pág 444)
- CE2T2 Geomática Aplicada (7mo Sem-Pág 447)
- CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)
- CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)
- CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)
- CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)
- CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem-Pág 465)
- CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)
- CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem-Pág 474)
- CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem-Pág 478)
- CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)
- CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)

- CE3S5 Puentes y Obras de Arte (8vo Sem-Pág 492)
- CE3T1 Fotogrametría Aérea (8vo Sem-Pág 495)
- CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (8vo Sem-Pág 498)
- CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (8vo Sem-Pág 502)
- CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem-Pág 505)
- CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)
- CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (9no Sem-Pág 521)
- CE3C2 Tecnología de la Construcción II (9no Sem-Pág 529)
- CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (9no Sem-Pág 540)
- CE3S1 Análisis Estructural II (9no Sem-Pág 551)
- CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (9no Sem-Pág 555)
- CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (9no Sem-Pág 562)
- CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem-Pág 570)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (9no Sem-Pág 584)
- CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (9no Sem-Pág 587)
- CE3G6 Presas de Tierra (9no Sem-Pág 591)
- CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (9no Sem-Pág 596)
- CE3S9 Concreto Presforzado (9no Sem-Pág 600)
- CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (10mo Sem-Pág 606)
- CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (10mo Sem-Pág 611)
- CE3H5 Hidráulica Fluvial (10mo Sem-Pág 618)
- CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (10mo Sem-Pág 622)
- CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (10mo Sem-Pág 628)
- CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (10mo Sem-Pág 631)
- CE3S2 Concreto Armado II (10mo Sem-Pág 640)
- CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (10mo Sem-Pág 645)
- CE3T5 Planificación de Transporte (10mo Sem-Pág 649)
- CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (10mo Sem-Pág 653)
- CE3T7 Puertos (10mo Sem-Pág 657)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)
- CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (10mo Sem-Pág 668)
- CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (10mo Sem-Pág 674)
- CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente (10mo Sem-Pág 678)

6.5.2. Outcome: ABET-2) Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.

- BEC101 Economía General (1er Sem-Pág 301)
- CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (2do Sem-Pág 324)
- BEF201 Ética y Filosofía Política (2do Sem-Pág 340)
- CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)
- CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (3er Sem-Pág 352)
- CE2C3 Tecnología del Concreto I (4to Sem-Pág 372)
- MA202 Métodos Numéricos (4to Sem-Pág 380)
- CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)
- CE2G2 Mecánica de Suelos II (6to Sem-Pág 415)
- CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)
- CE2C6 Acondicionamiento Territorial (7mo Sem-Pág 435)

- CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)
- CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)
- CE2S3 Diseño en Acero (7mo Sem-Pág 444)
- CE2T2 Geomática Aplicada (7mo Sem-Pág 447)
- CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)
- CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)
- CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)
- CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem-Pág 465)
- CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)
- CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem-Pág 474)
- CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem-Pág 478)
- CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)
- CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)
- CE3S5 Puentes y Obras de Arte (8vo Sem-Pág 492)
- CE3T1 Fotogrametría Aérea (8vo Sem-Pág 495)
- CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (8vo Sem-Pág 498)
- CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (8vo Sem-Pág 502)
- CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem-Pág 505)
- CE2C5 Planeamiento y programación de obras (9no Sem-Pág 513)
- CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)
- CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (9no Sem-Pág 521)
- CE3C2 Tecnología de la Construcción II (9no Sem-Pág 529)
- CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (9no Sem-Pág 537)
- CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (9no Sem-Pág 540)
- CE3S1 Análisis Estructural II (9no Sem-Pág 551)
- CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (9no Sem-Pág 555)
- CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (9no Sem-Pág 562)
- CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem-Pág 570)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- BLW201 Legislación (9no Sem-Pág 577)
- CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (9no Sem-Pág 584)
- CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (9no Sem-Pág 587)
- CE3G6 Presas de Tierra (9no Sem-Pág 591)
- CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (9no Sem-Pág 596)
- CE3S9 Concreto Presforzado (9no Sem-Pág 600)
- CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (10mo Sem-Pág 603)
- CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (10mo Sem-Pág 606)
- CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (10mo Sem-Pág 611)
- CE3H5 Hidráulica Fluvial (10mo Sem-Pág 618)
- CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (10mo Sem-Pág 622)
- CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (10mo Sem-Pág 628)
- CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (10mo Sem-Pág 631)
- CE3S2 Concreto Armado II (10mo Sem-Pág 640)
- CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (10mo Sem-Pág 645)
- CE3T5 Planificación de Transporte (10mo Sem-Pág 649)
- CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (10mo Sem-Pág 653)
- CE3T7 Puertos (10mo Sem-Pág 657)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)
- CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (10mo Sem-Pág 668)

- CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (10mo Sem-Pág 674)

6.5.3. Outcome: ABET-3) Comunicarse efectivamente.

- BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (1er Sem-Pág 289)
- BRC101 Redacción y Comunicación (1er Sem-Pág 294)
- ID101 Inglés I (2do Sem-Pág 336)
- ID102 Inglés II (3er Sem-Pág 365)
- ID201 Inglés III (4to Sem-Pág 393)
- ID202 Inglés IV (5to Sem-Pág 409)
- ID203 Inglés V (6to Sem-Pág 426)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- CE3S12 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 635)
- CE3T9 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 661)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)

6.5.4. Outcome: ABET-4) Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.

- CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (2do Sem-Pág 309)
- AI161 IA Aplicada (2do Sem-Pág 320)
- BEF201 Ética y Filosofía Política (2do Sem-Pág 340)
- BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (6to Sem-Pág 430)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- BLW201 Legislación (9no Sem-Pág 577)
- CE3S12 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 635)
- CE3T9 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 661)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)

6.5.5. Outcome: ABET-5) Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.

- ID101 Inglés I (2do Sem-Pág 336)
- ID102 Inglés II (3er Sem-Pág 365)
- ID201 Inglés III (4to Sem-Pág 393)
- ID202 Inglés IV (5to Sem-Pág 409)
- ID203 Inglés V (6to Sem-Pág 426)
- CE2C5 Planeamiento y programación de obras (9no Sem-Pág 513)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)

6.5.6. Outcome: ABET-6) Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.

- BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (1er Sem-Pág 289)
- CE1G1 Geología General (2do Sem-Pág 305)
- CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
- CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)
- CE1M2 Dinámica (4to Sem-Pág 369)
- CE2C3 Tecnología del Concreto I (4to Sem-Pág 372)
- CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)
- MA202 Métodos Numéricos (4to Sem-Pág 380)

- CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem-Pág 397)
- CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)
- CE2M2 Mecánica de Materials II (5to Sem-Pág 413)
- CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)
- CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)
- CE2T2 Geomática Aplicada (7mo Sem-Pág 447)
- CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)
- CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)
- CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)
- CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)
- CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem-Pág 465)
- CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)
- CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem-Pág 474)
- CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem-Pág 478)
- CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)
- CE3T1 Fotogrametría Aérea (8vo Sem-Pág 495)
- CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (8vo Sem-Pág 498)
- CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (8vo Sem-Pág 502)
- CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem-Pág 505)
- BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (8vo Sem-Pág 510)
- CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)
- CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (9no Sem-Pág 521)
- CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (9no Sem-Pág 534)
- CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (9no Sem-Pág 540)
- CE3S1 Análisis Estructural II (9no Sem-Pág 551)
- CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (9no Sem-Pág 555)
- CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (9no Sem-Pág 562)
- CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem-Pág 570)
- CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (9no Sem-Pág 584)
- CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (9no Sem-Pág 587)
- CE3G6 Presas de Tierra (9no Sem-Pág 591)
- CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (9no Sem-Pág 596)
- CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (10mo Sem-Pág 606)
- CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (10mo Sem-Pág 611)
- CE3S12 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 635)
- CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (10mo Sem-Pág 653)
- CE3T7 Puertos (10mo Sem-Pág 657)
- CE3T9 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 661)
- CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (10mo Sem-Pág 668)

6.5.7. Outcome: ABET-7) Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.

- BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (1er Sem-Pág 289)
- BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem-Pág 296)
- CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (2do Sem-Pág 309)

6.6. Distribución de cursos en la carrera

Esta propuesta puede ser analizada por el número de créditos dedicados a cada área, por niveles de cursos (Introductorios, Intermedios, Avanzados y Proyectos).

	Estudios generales	Específicos	Especialización	
1er Sem	24	3		27
2do Sem	23	4		27
3er Sem	20	4	4	28
4to Sem	13	4	9	26
5to Sem	8	9	4	21
6to Sem	4	12		16
7mo Sem		33		33
8vo Sem		44	4	48
9no Sem		46	4	50
10mo Sem		53	4	57
Total	92	212	29	333
	27.6 %	63.6 %	8.7 %	

Cuadro 6.43: Distribución de créditos por área por semestre

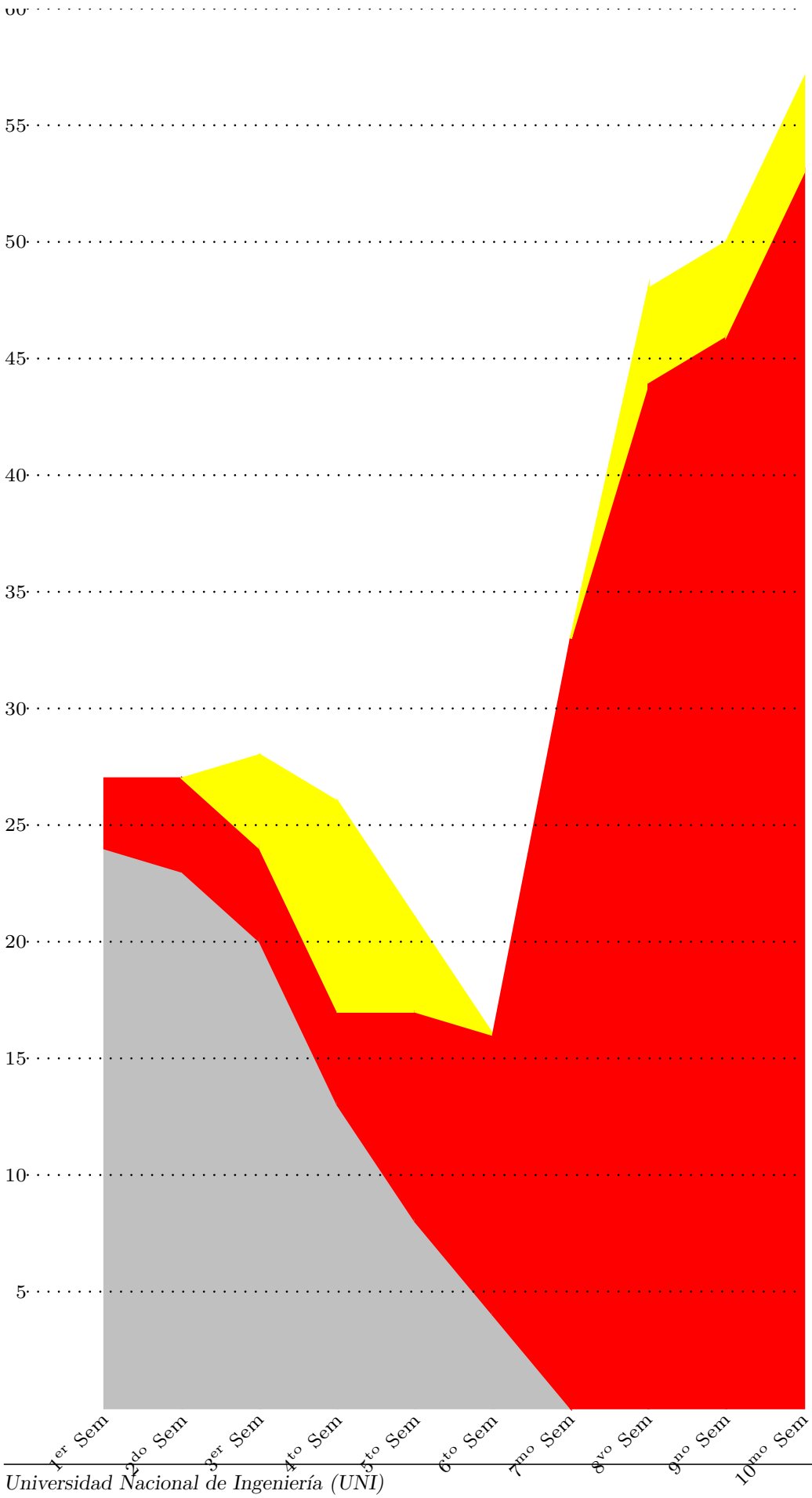


Figura 6.2: Créditos por área por semestre

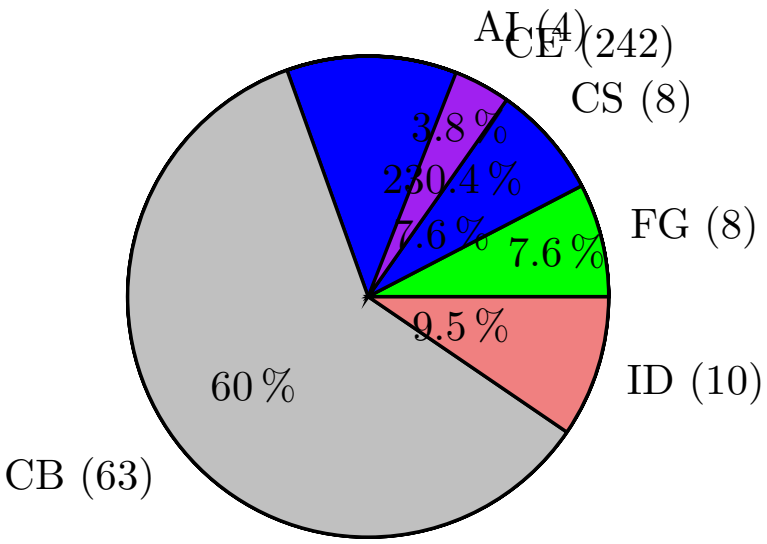


Figura 6.3: Distribución de cursos por áreas considerando creditaje.

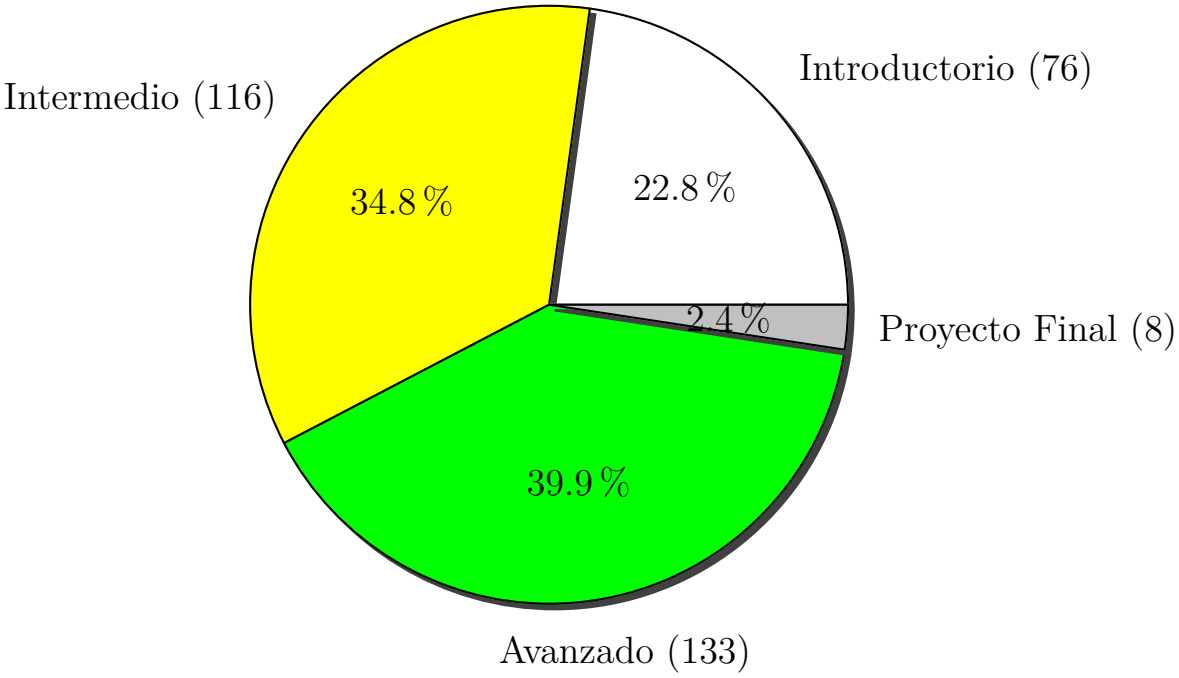


Figura 6.4: Distribución de créditos por niveles de cursos.

6.7. Departamentos

6.7.1. Ciencias Básicas

La lista de cursos de este departamento es:

- BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (1er Sem)
- ID101 Inglés I (2do Sem)
- ID102 Inglés II (3er Sem)
- ID201 Inglés III (4to Sem)
- ID202 Inglés IV (5to Sem)

- ID203 Inglés V (6to Sem)

6.7.2. Construcción

La lista de cursos de este departamento es:

- BEC101 Economía General (1er Sem)
- CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem)
- CE2C3 Tecnología del Concreto I (4to Sem)
- BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (6to Sem)
- CE2C6 Acondicionamiento Territorial (7mo Sem)
- CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem)
- CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem)
- CE2C5 Planeamiento y programación de obras (9no Sem)
- CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (9no Sem)
- CE3C2 Tecnología de la Construcción II (9no Sem)
- CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (9no Sem)
- CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (10mo Sem)
- CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (10mo Sem)
- CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (10mo Sem)
- CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente (10mo Sem)
- CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (10mo Sem)

6.7.3. Estructuras

La lista de cursos de este departamento es:

- CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem)
- CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem)
- CE2S3 Diseño en Acero (7mo Sem)
- CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem)
- CE3S5 Puentes y Obras de Arte (8vo Sem)
- CE3S1 Análisis Estructural II (9no Sem)
- CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (9no Sem)
- CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (9no Sem)
- CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (9no Sem)
- CE3S9 Concreto Presforzado (9no Sem)
- CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (10mo Sem)
- CE3S12 Taller de Investigación (10mo Sem)
- CE3S2 Concreto Armado II (10mo Sem)
- CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (10mo Sem)

6.7.4. Hidráulica

La lista de cursos de este departamento es:

- CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem)
- CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem)
- CE3H2 Hidrología General (7mo Sem)
- CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem)
- CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (9no Sem)
- CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (9no Sem)
- CE3H5 Hidráulica Fluvial (10mo Sem)

- CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (10mo Sem)
- CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (10mo Sem)

6.7.5. Ingeniería Geotécnica

La lista de cursos de este departamento es:

- CE1G1 Geología General (2do Sem)
- CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem)
- CE2G2 Mecánica de Suelos II (6to Sem)
- CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem)
- CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem)
- CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem)
- CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (9no Sem)
- CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (9no Sem)
- CE3G6 Presas de Tierra (9no Sem)
- CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (10mo Sem)

6.7.6. DAVG

La lista de cursos de este departamento es:

- CE2T1 Geomática Básica (6to Sem)
- CE2T2 Geomática Aplicada (7mo Sem)
- CE2T3 Geodesia (7mo Sem)
- CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem)
- CE3T1 Fotogrametría Aérea (8vo Sem)
- CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (8vo Sem)
- CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (8vo Sem)
- CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem)
- CE2T5 Diseño Vial (9no Sem)
- CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem)
- CE3T5 Planificación de Transporte (10mo Sem)
- CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (10mo Sem)
- CE3T7 Puertos (10mo Sem)
- CE3T9 Taller de Investigación (10mo Sem)

6.7.7. Ciencias Básicas

La lista de cursos de este departamento es:

- BCH101 Química I (1er Sem)
- BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem)
- BRC101 Redacción y Comunicación (1er Sem)
- MA100 Matemática Básica (1er Sem)
- MA111 Cálculo I (1er Sem)
- AI161 IA Aplicada (2do Sem)
- BEF201 Ética y Filosofía Política (2do Sem)
- BFI101 Física I (2do Sem)
- CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (2do Sem)
- CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (2do Sem)
- MA112 Cálculo II (2do Sem)
- BFI102 Física II (3er Sem)

- CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (3er Sem)
- MA121 Algebra Lineal I (3er Sem)
- MA210 Cálculo III (3er Sem)
- MA202 Métodos Numéricos (4to Sem)
- MA211 Cálculo IV (4to Sem)
- STA251 Estadística y Probabilidades (4to Sem)
- MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (5to Sem)

6.8. Compatibilidad de la carrera con relación a estandares internacionales

En esta sección presentamos la distribución de cursos por áreas de concentración en contraste con las propuestas internacionales de las carreras de la *Computing Curricula* de IEEE-CS/ACM.

Es necesario notar que en algunos casos las materias podrían aparecen en más de un eje pues tienen contenido de más de una área. Por ejemplo, la materia de sistemas operativos contiene unidades de aplicación que pueden ser clasificadas en Tecnología de Información pero al mismo tiempo contiene fundamentos de como está estructurado un Sistema Operativo que es del eje de Ingeniería Civil. En estos casos el creditaje ha sido divido entre los ejes correspondientes.

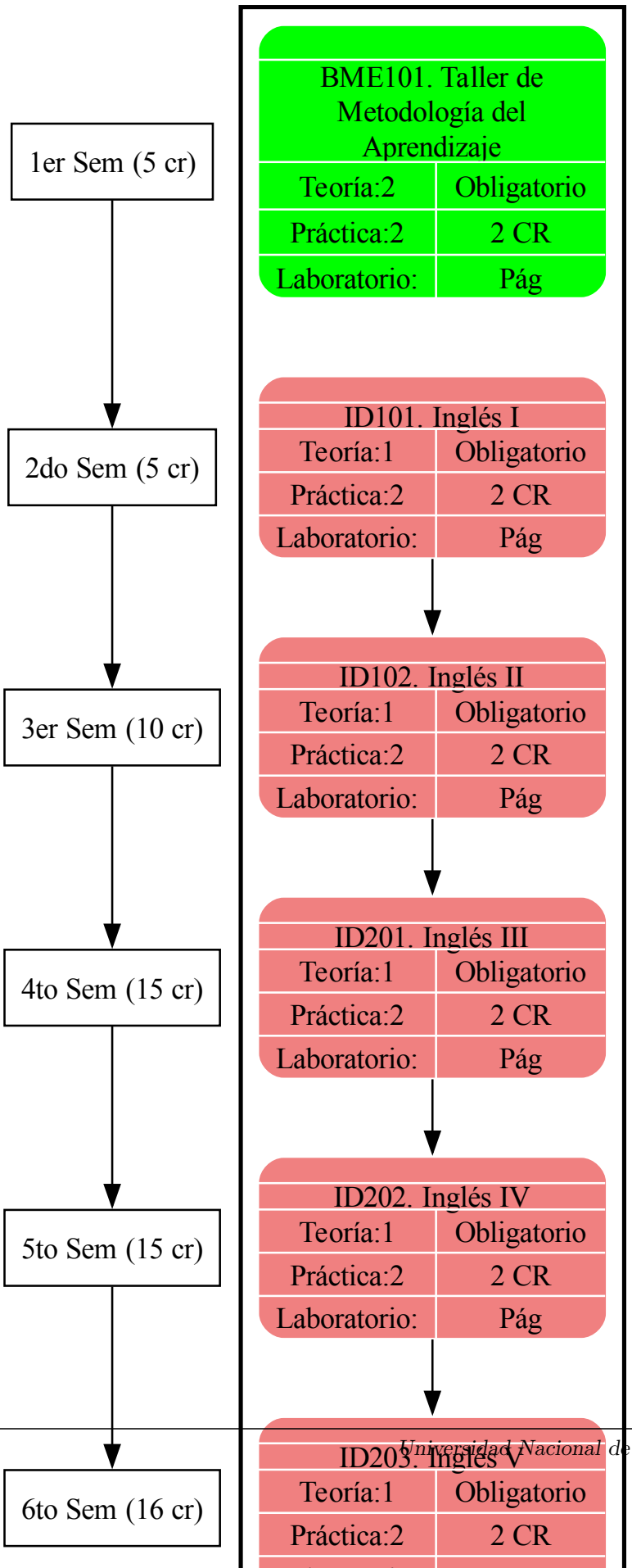
1. Ingenieria Civil (459.00 Créditos)
   - BEC101 Economía General (1er Sem-Pág 301)
   - CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)
   - CE2C3 Tecnología del Concreto I (4to Sem-Pág 372)
   - CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem-Pág 397)
   - CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)
   - CE2G2 Mecánica de Suelos II (6to Sem-Pág 415)
   - CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)
   - CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)
   - BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (6to Sem-Pág 430)
   - CE2C6 Acondicionamiento Territorial (7mo Sem-Pág 435)
   - CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)
   - CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)
   - CE2S3 Diseño en Acero (7mo Sem-Pág 444)
   - CE2T2 Geomática Aplicada (7mo Sem-Pág 447)
   - CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)
   - CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)
   - CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)
   - CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)
   - CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem-Pág 465)
   - CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)
   - CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem-Pág 474)
   - CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem-Pág 478)
   - CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)
   - CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)
   - CE3S5 Puentes y Obras de Arte (8vo Sem-Pág 492)
   - CE3T1 Fotogrametría Aérea (8vo Sem-Pág 495)
   - CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (8vo Sem-Pág 498)
   - CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (8vo Sem-Pág 502)
   - CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem-Pág 505)
   - BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (8vo Sem-Pág 510)

- CE2C5 Planeamiento y programación de obras (9no Sem-Pág 513)
- CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)
- CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (9no Sem-Pág 521)
- CE3C2 Tecnología de la Construcción II (9no Sem-Pág 529)
- CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (9no Sem-Pág 534)
- CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (9no Sem-Pág 537)
- CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (9no Sem-Pág 540)
- CE3S1 Análisis Estructural II (9no Sem-Pág 551)
- CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (9no Sem-Pág 555)
- CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (9no Sem-Pág 562)
- CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem-Pág 570)
- CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)
- BLW201 Legislación (9no Sem-Pág 577)
- CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (9no Sem-Pág 584)
- CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (9no Sem-Pág 587)
- CE3G6 Presas de Tierra (9no Sem-Pág 591)
- CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (9no Sem-Pág 596)
- CE3S9 Concreto Presforzado (9no Sem-Pág 600)
- CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (10mo Sem-Pág 603)
- CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (10mo Sem-Pág 606)
- CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (10mo Sem-Pág 611)
- CE3H5 Hidráulica Fluvial (10mo Sem-Pág 618)
- CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (10mo Sem-Pág 622)
- CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (10mo Sem-Pág 628)
- CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (10mo Sem-Pág 631)
- CE3S12 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 635)
- CE3S2 Concreto Armado II (10mo Sem-Pág 640)
- CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (10mo Sem-Pág 645)
- CE3T5 Planificación de Transporte (10mo Sem-Pág 649)
- CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (10mo Sem-Pág 653)
- CE3T7 Puertos (10mo Sem-Pág 657)
- CE3T9 Taller de Investigación (10mo Sem-Pág 661)
- CE403 Proyecto de final de carrera II (10mo Sem-Pág 666)
- CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (10mo Sem-Pág 668)
- CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (10mo Sem-Pág 674)
- CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente (10mo Sem-Pág 678)

2. Geotecnia
   - Ninguno
3. Estructuras
   - Ninguno
4. Hidráulica
   - Ninguno
5. Transporte
   - Ninguno
6. Construcción
   - Ninguno
7. Ciencia de la Computación (24.00 Créditos)
   - BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem-Pág 296)
   - CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (2do Sem-Pág 309)
   - AI161 IA Aplicada (2do Sem-Pág 320)

8. Ciencias Básicas (162.00 Créditos)
   - MA100 Matemática Básica (1er Sem-Pág 279)
   - MA111 Cálculo I (1er Sem-Pág 283)
   - BCH101 Química I (1er Sem-Pág 285)
   - CE1G1 Geología General (2do Sem-Pág 305)
   - CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (2do Sem-Pág 324)
   - MA112 Cálculo II (2do Sem-Pág 327)
   - BFI101 Física I (2do Sem-Pág 331)
   - CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
   - CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (3er Sem-Pág 352)
   - MA121 Algebra Lineal I (3er Sem-Pág 355)
   - MA210 Cálculo III (3er Sem-Pág 357)
   - BFI102 Física II (3er Sem-Pág 360)
   - CE1M2 Dinámica (4to Sem-Pág 369)
   - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)
   - MA202 Métodos Numéricos (4to Sem-Pág 380)
   - MA211 Cálculo IV (4to Sem-Pág 385)
   - STA251 Estadística y Probabilidades (4to Sem-Pág 388)
   - MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (5to Sem-Pág 407)
   - CE2M2 Mecánica de Materials II (5to Sem-Pág 413)
9. Tecnología de Información
   - Ninguno
10. Contenido Empresarial
    - Ninguno
11. Formación General (32.00 Créditos)
    - BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (1er Sem-Pág 289)
    - BRC101 Redacción y Comunicación (1er Sem-Pág 294)
    - ID101 Inglés I (2do Sem-Pág 336)
    - BEF201 Ética y Filosofía Política (2do Sem-Pág 340)
    - ID102 Inglés II (3er Sem-Pág 365)
    - ID201 Inglés III (4to Sem-Pág 393)
    - ID202 Inglés IV (5to Sem-Pág 409)
    - ID203 Inglés V (6to Sem-Pág 426)

Referencias Bibliográficas


1er Sem (5 cr)
BME101. Taller de Metodología del Aprendizaje
Teoría:2
Obligatorio
Práctica:2
2 CR
Laboratorio:
Pág
2do Sem (5 cr)
ID101. Inglés I
Teoría:1
Obligatorio
Práctica:2
2 CR
Laboratorio:
Pág
3er Sem (10 cr)
ID102. Inglés II
Teoría:1
Obligatorio
Práctica:2
2 CR
Laboratorio:
Pág
4to Sem (15 cr)
ID201. Inglés III
Teoría:1
Obligatorio
Práctica:2
2 CR
Laboratorio:
Pág
5to Sem (15 cr)
ID202. Inglés IV
Teoría:1
Obligatorio
Práctica:2
2 CR
Laboratorio:
Pág
6to Sem (16 cr)
ID203. Inglés V
Teoría:1
Obligatorio
Práctica:2
2 CR

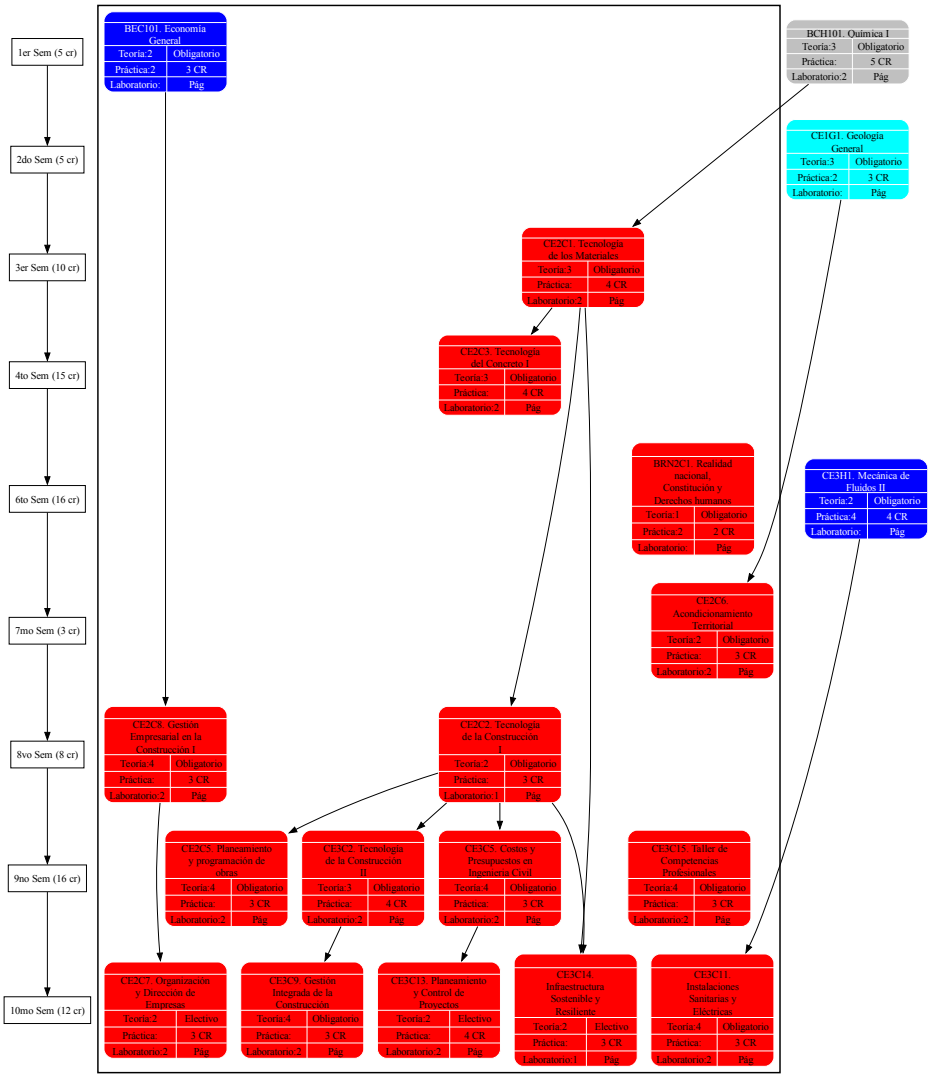


Figura 6.6: Construcción

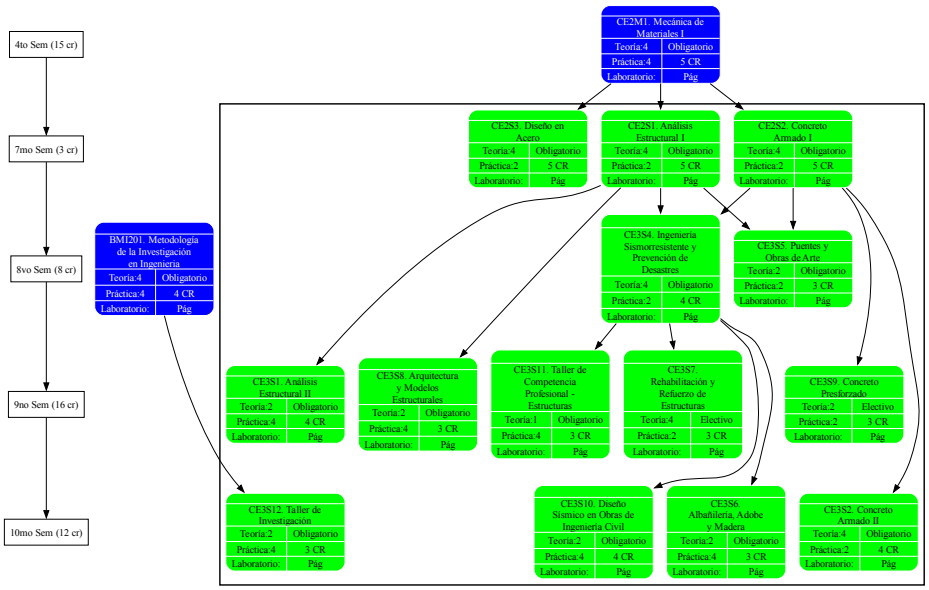


Figura 6.7: Estructuras

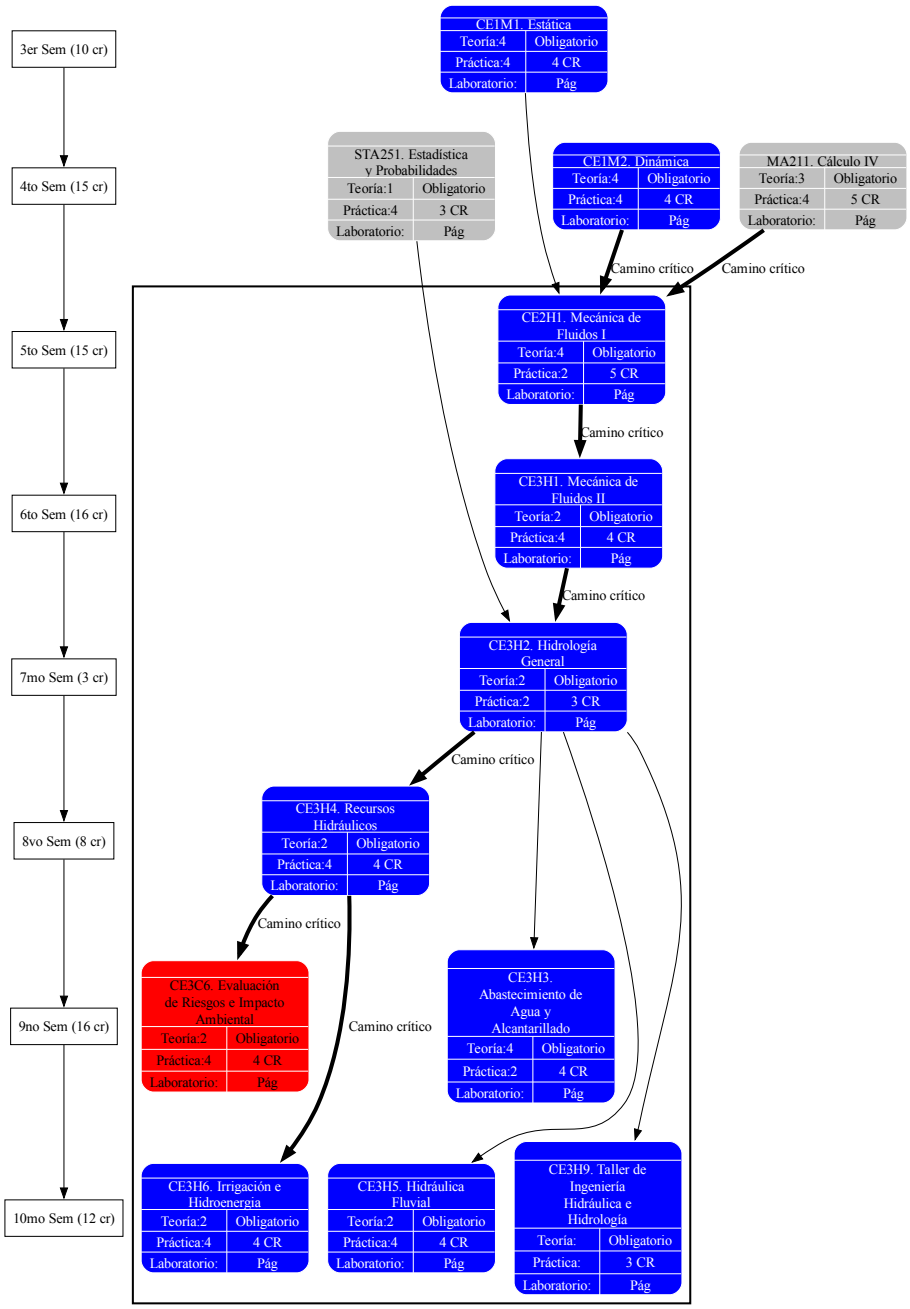


Figura 6.8: Hidráulica

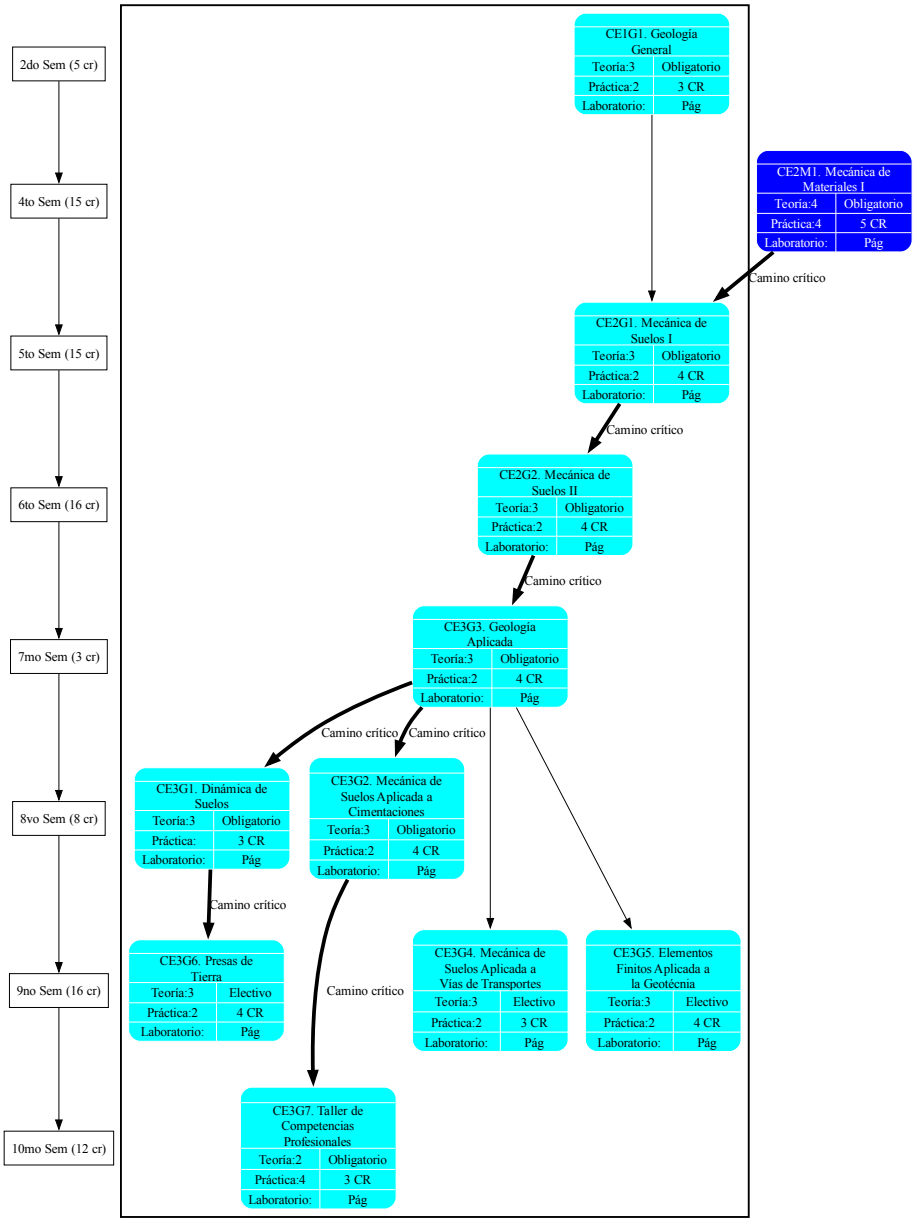


Figura 6.9: Ingeniería Geotécnica

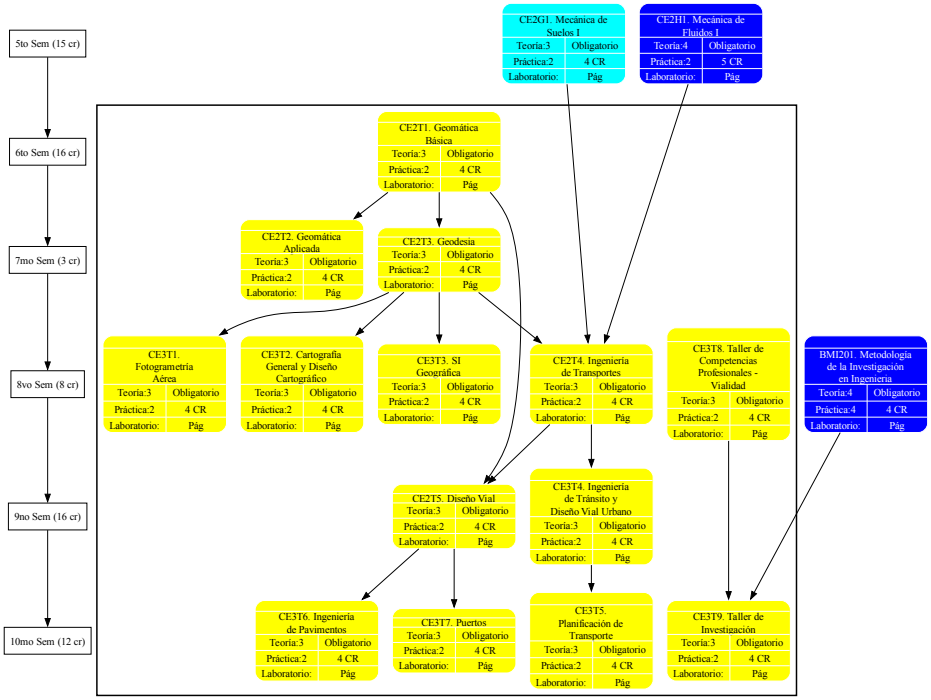


Figura 6.10: DAVG

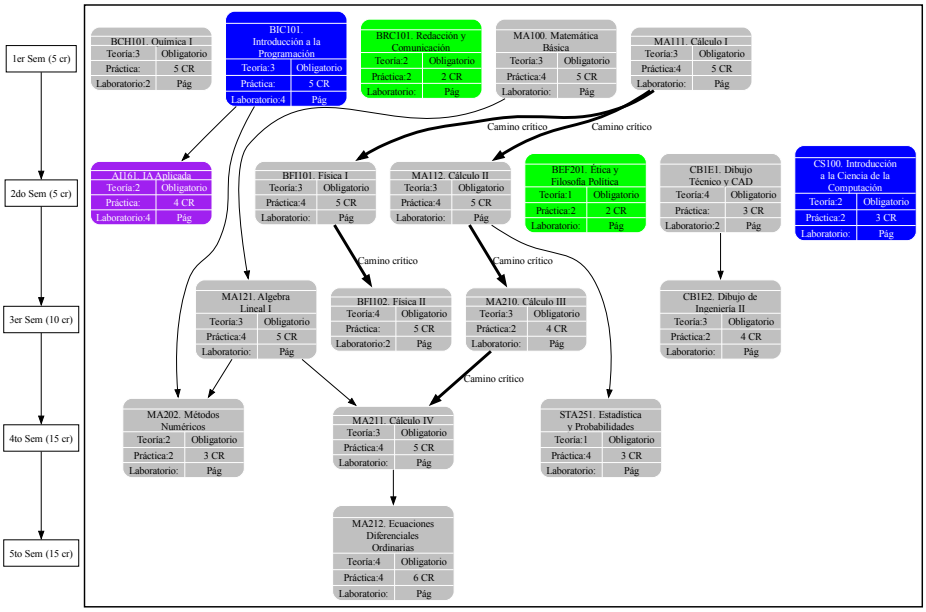


Figura 6.11: Ciencias Básicas

Capítulo 7

Contenido detallado por curso

Primer Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA100 Matemática Básica (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

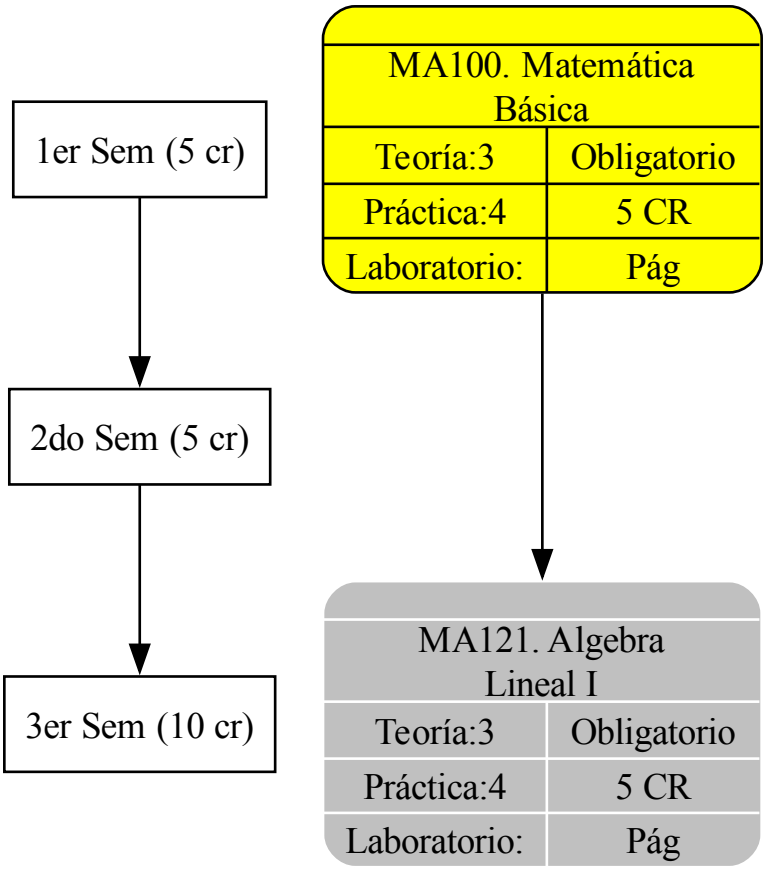


Figura 7.1: Mapa de Conexión. MA100 Matemática Básica

2. Fundamentación

La asignatura de Matemática Básica es de carácter obligatorio y pro- porciona las herramientas conceptuales necesarias para el razona- miento lógico y la resolución de problemas. El curso abarca desde la lógica proposicional y la teoría de conjuntos hasta el estudio de los números reales, complejos, polinomios y matrices. Estos con- ceptos son fundamentales para desarrollar la capacidad de abstracción y formalización matemática requerida en las etapas superiores de la carrera de Ciencia de la Computación.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar habilidades de razonamiento lógico y pensamiento crítico mediante el uso de lenguajes formales.
- Comprender y aplicar las propiedades de los sistemas numéricos (reales y complejos) en la solución de problemas.
- Manipular estructuras polinomiales y matriciales para resolver sistemas de ecuaciones e interpretar resultados.
- Introducir conceptos básicos de estadística y probabilidad para el análisis de datos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Lógica y Conjuntos, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Lógica proposicional: Conectivos, tablas de verdad y validez. **II:** Cuantificadores lógico-matemáticos. **III:** Teoría de conjuntos: Operaciones, relaciones y funciones. **IV:** Familias de conjuntos y producto cartesiano.

Objetivos de Aprendizaje I: Formalizar enunciados del lenguaje natural al lenguaje proposicional [Familiarizarse]. **II:** Operar con conjuntos utilizando leyes algebraicas y diagramas de Venn [Usar]. **III:** Demostrar propiedades básicas de conjuntos y relaciones lógicas [Evaluar].

Bibliografía: [Lipschutz, 1991, Rojo, 1995]

5.2 Sistemas Numéricos, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: El sistema de los números reales: Axiomas de cuerpo y orden. **II:** Inducción matemática y el binomio de Newton. **III:** Números complejos: Forma binómica, polar y exponencial. **IV:** Raíces de números complejos y teorema de De Moivre.

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar la estructura algebraica de los números reales y complejos [Familiarizarse]. **II:** Aplicar el principio de inducción matemática en demostraciones de sumatorias [Usar]. **III:** Resolver ecuaciones en el campo de los números complejos utilizando diversas representaciones [Evaluar].

Bibliografía: [Gentile, 1985, Álvaro Pinzón, 1973]

5.3 Polinomios y Matrices, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Polinomios: Algoritmo de la división y raíces de polinomios. **II:** Matrices: Tipos, operaciones y determinantes. **III:** Matriz inversa y rango de una matriz. **IV:** Sistemas de ecuaciones lineales: Método de Gauss-Jordan.

Objetivos de Aprendizaje I: Reconocer la estructura de los anillos de polinomios y el álgebra matricial [Familiarizarse]. **II:** Utilizar operaciones elementales de fila para calcular la inversa de una matriz [Usar]. **III:** Modelar y resolver sistemas de ecuaciones lineales aplicados a problemas de contexto [Evaluar].

Bibliografía: [Gentile, 1984, Rojo, 1995]

5.4 Estadística y Probabilidad, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Estadística descriptiva: Medidas de tendencia central. **II:** Medidas de dispersión y representación gráfica. **III:** Conceptos de probabilidad: Espacio muestral y eventos. **IV:** Probabilidad condicional e independencia.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir conjuntos de datos mediante indicadores estadísticos básicos [Familiarizarse]. **II:** Calcular probabilidades de eventos simples y compuestos en experimentos aleatorios [Usar]. **III:** Interpretar resultados estadísticos para la toma de decisiones en entornos científicos [Evaluar].

Bibliografía: [Peterson, 2005]

6. Bibliografía

[Gentile, 1984] Gentile, E. (1984). *Notas de álgebra*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

[Gentile, 1985] Gentile, E. (1985). *Aritmética Elemental*. Colección de Monografías Científicas Ser.

[Lipschutz, 1991] Lipschutz, S. (1991). *Teoría de conjuntos y temas afines*. McGraw-Hill.

[Peterson, 2005] Peterson, J. (2005). *Matemática básica*. Prentice-Hall.

[Rojo, 1995] Rojo, A. (1995). *Álgebra I*. El Ateneo.

[Álvaro Pinzón, 1973] Álvaro Pinzón (1973). *Conjuntos y estructuras*. Blaisdell Publishing Company.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA111 Cálculo I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

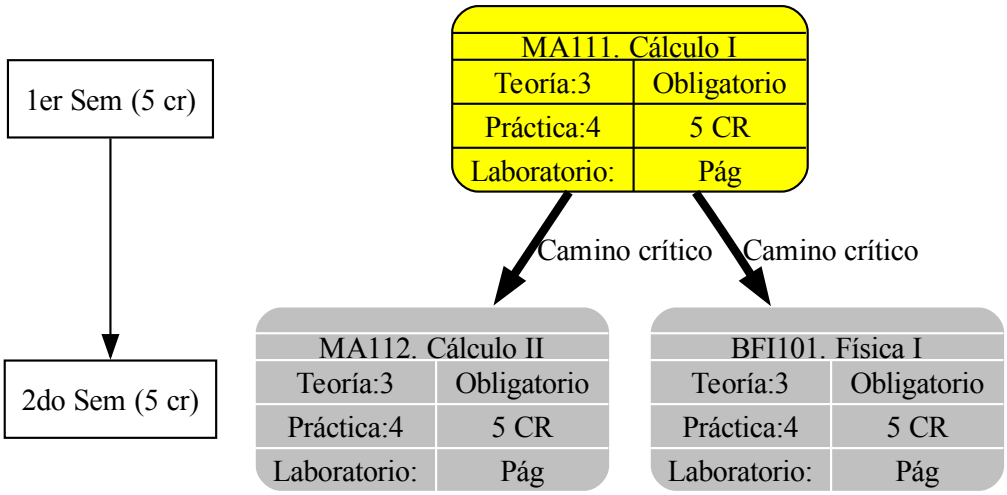


Figura 7.2: Mapa de Conexión. MA111 Cálculo I

2. Fundamentación

Este curso introduce los conceptos fundamentales del cálculo diferencial de funciones reales de una sola variable. Proporciona las bases matemáticas necesarias para analizar el cambio y el movimiento en ciencia e ingeniería, desarrollando el razonamiento lógico a través del estudio de límites, continuidad y derivadas. El curso enfatiza tanto la comprensión conceptual como la aplicación práctica de estos conceptos.

3. Objetivos del curso.

- Comprender los conceptos fundamentales de límites y continuidad.
- Dominar las técnicas de diferenciación para funciones algebraicas y trascendentes.
- Aplicar la derivada para resolver problemas de optimización y tasas de cambio.
- Desarrollar un enfoque riguroso de la definición formal de la derivada.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Límites y Continuidad, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Límites y continuidad de funciones de una variable

Objetivos de Aprendizaje I: Interpretar el concepto de límite y continuidad de una función y su relevancia para modelar el comportamiento de sistemas de ingeniería en el entorno de un punto [Familiarizarse]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

5.2 Cálculo Diferencial, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Derivadas y reglas de diferenciación

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar las reglas de diferenciación para determinar tasas de cambio y optimizar parámetros de diseño en ingeniería [Usar] **II:** Formular y resolver problemas de optimización para sistemas de ingeniería usando el cálculo diferencial [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

5.3 Cálculo Integral, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: El Teorema Fundamental del Cálculo **II:** Técnicas de integración: sustitución, integración por partes y fracciones parciales **III:** Aplicaciones de ingeniería de la integración: áreas, volúmenes, centroides y momentos de inercia

Objetivos de Aprendizaje I: Enunciar y explicar el Teorema Fundamental del Cálculo y sus implicaciones en ingeniería [Familiarizarse] **II:** Calcular integrales definidas en problemas de ingeniería como trabajo, presión de fluidos y transferencia de calor [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

6. Bibliografía

[Larson and Edwards, 2018] Larson, R. and Edwards, B. H. (2018). *Cálculo*. Cengage Learning, 10th edition.

[Stewart, 2016] Stewart, J. (2016). *Cálculo de una variable: Trascendentes tempranas*. Cengage Learning, 8th edition.

[Thomas et al., 2014] Thomas, G. B., Weir, M. D., and Hass, J. (2014). *Cálculo de una variable*. Pearson, 13th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BCH101 Química I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

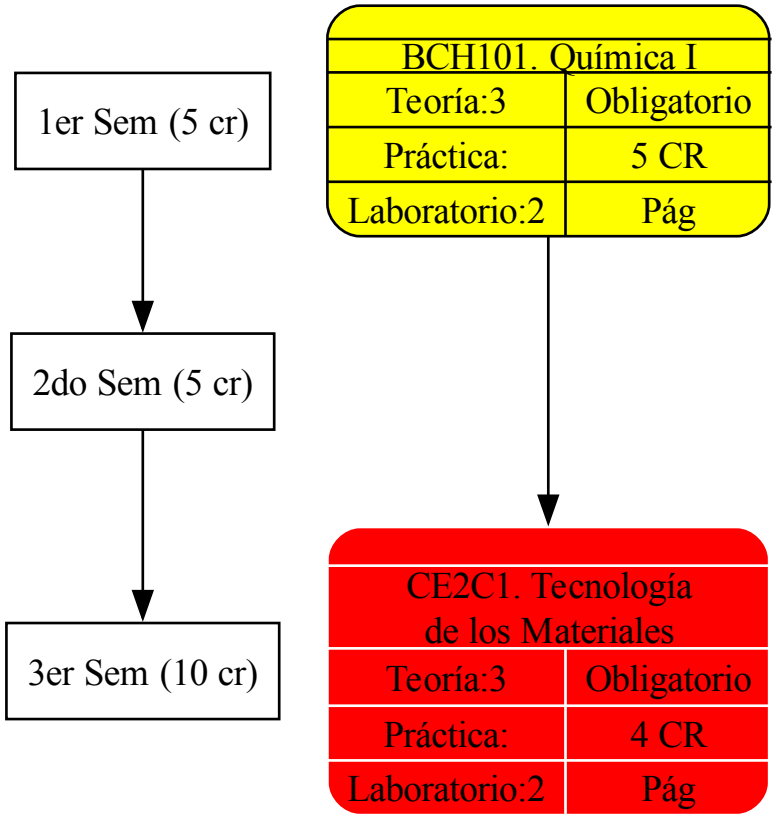


Figura 7.3: Mapa de Conexión. BCH101 Química I

2. Fundamentación

La química proporciona la base para comprender la composición, estructura y propiedades de la materia – conocimiento requerido en los programas de computación e ingeniería por igual, como parte de una sólida formación en ciencias naturales. Este curso introduce los principios básicos de la química general y los extiende al equilibrio químico y la electroquímica, junto con la química aplicada del agua, los polímeros y el cemento, temas que reaparecen en la ciencia de materiales, el análisis ambiental y la práctica de la ingeniería.

3. Objetivos del curso.

- Comprender la estructura de la materia a nivel atómico y molecular.

- Aplicar los principios de estequiometría para realizar cálculos químicos.
- Comprender los diferentes tipos de enlaces químicos y su influencia en las propiedades de las sustancias.
- Aplicar el equilibrio químico, incluidos los equilibrios ácido-base y de solubilidad, para predecir el comportamiento de los sistemas acuosos.
- Aplicar principios electroquímicos para analizar la corrosión de metales y del concreto armado.
- Relacionar la composición y propiedades del agua, los polímeros y el cemento con sus aplicaciones en la ciencia de materiales y en la ingeniería civil.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Materia y Energía, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Clasificación de la materia: elementos, compuestos y mezclas **II:** El método científico y el sistema internacional de unidades de medida

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las propiedades de la materia y la energía y clasificar una sustancia dada [Familiarizarse] **II:** Realizar conversiones de unidades en problemas de química de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.2 Fundamentos de la Estructura Atómica, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Estructura del átomo, número atómico, número másico e isótopos **II:** Modelo cuántico del átomo y configuración electrónica

Objetivos de Aprendizaje I: Describir la estructura del átomo y sus partículas subatómicas [Familiarizarse] **II:** Determinar la configuración electrónica de un átomo y relacionarla con sus propiedades químicas [Usar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.3 Enlace Químico, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Enlace iónico, covalente y metálico **II:** Geometría molecular y su relación con las propiedades de las sustancias

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los diferentes tipos de enlace químico [Familiarizarse] **II:** Predecir la geometría molecular y relacionar el tipo de enlace con las propiedades de un material [Evaluar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.4 Estequiometría, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Masa molar, el concepto de mol y balanceo de ecuaciones químicas **II:** Cálculos estequiométricos, reactivo limitante y rendimiento porcentual

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la masa molar de un compuesto y balancear ecuaciones químicas [Usar] **II:** Determinar la cantidad de reactivos y productos en un proceso de ingeniería usando cálculos estequiométricos [Evaluar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.5 Estados de la Materia, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Propiedades de gases, líquidos y sólidos, y cambios de estado **II:** Leyes de los gases ideales y diagramas de fase

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las propiedades de los diferentes estados de la materia y sus cambios de fase [Familiarizarse] **II:** Aplicar las leyes de los gases ideales a problemas de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.6 Química Ambiental del Agua, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Parámetros de calidad del agua (pH, dureza, oxígeno disuelto, DBO) para diseño de infraestructura **II:** Fundamentos de tratamiento de agua y principales contaminantes del aire y del agua

Objetivos de Aprendizaje **I:** Interpretar parámetros de calidad del agua para el diseño de sistemas de tratamiento [Usar] **II:** Identificar contaminantes relevantes para proyectos de infraestructura sanitaria y ambiental [Familiarizarse]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.7 Polímeros y Geosintéticos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Clasificación de polímeros: termoplásticos, termoestables y elastómeros **II:** Geosintéticos: geotextiles, geomembranas y geomallas, y sus aplicaciones en obras civiles

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar un polímero según su estructura y comportamiento térmico [Usar] **II:** Seleccionar el geosintético adecuado según la aplicación de ingeniería civil requerida [Usar]

Bibliografía: [Chang and Goldsby, 2016, Mamlouk and Zaniewski, 2017]

5.8 Equilibrio Químico, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** La constante de equilibrio K_c y su relación con la estequiometría **II:** Principio de Le Chatelier y su efecto sobre procesos químicos industriales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Escribir la expresión de la constante de equilibrio para una reacción de interés en ingeniería [Usar] **II:** Predecir el desplazamiento de un equilibrio químico en un proceso de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.9 Equilibrio Ácido-Base, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Cálculo de pH de ácidos y bases fuertes y débiles **II:** Hidrólisis de sales y su efecto en el pH de aguas y suelos

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el pH de disoluciones relevantes para el control de calidad ambiental [Usar] **II:** Predecir el efecto de la hidrólisis de sales sobre el pH de aguas y suelos [Evaluar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.10 Equilibrio de Solubilidad, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: El producto de solubilidad K_{sp} y predicción de precipitación

Objetivos de Aprendizaje I: Predecir la formación de precipitados o incrustaciones en sistemas de agua de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.11 Electroquímica, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Reacciones redox, celdas galvánicas y potenciales de electrodo **II:** Corrosión electroquímica de metales y del acero de refuerzo en concreto armado, y métodos de protección

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el potencial de una celda galvánica y predecir la espontaneidad de una reacción redox [Usar] **II:** Analizar condiciones de corrosión en estructuras de ingeniería y proponer métodos de protección [Evaluar]

Bibliografía: [Brown et al., 2017, Chang and Goldsby, 2016]

5.12 Química del Cemento, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Composición química del cemento Portland y sus compuestos principales **II:** Reacciones de hidratación del cemento y su relación con el desarrollo de resistencia del concreto

Objetivos de Aprendizaje I: Describir la composición química del cemento Portland [Familiarizarse] **II:** Explicar la relación entre la hidratación del cemento y el desarrollo de resistencia del concreto [Usar]

Bibliografía: [Mamlouk and Zaniewski, 2017, Chang and Goldsby, 2016]

6. Bibliografía

[Brown et al., 2017] Brown, T. L., Jr., H. E. L., Bursten, B. E., Murphy, C. J., and Woodward, P. M. (2017). *Chemistry: The Central Science*. Pearson.

[Chang and Goldsby, 2016] Chang, R. and Goldsby, K. A. (2016). *Chemistry*. McGraw-Hill Education.

[Mamlouk and Zaniewski, 2017] Mamlouk, M. S. and Zaniewski, J. P. (2017). *Materials for Civil and Construction Engineers*. Pearson, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

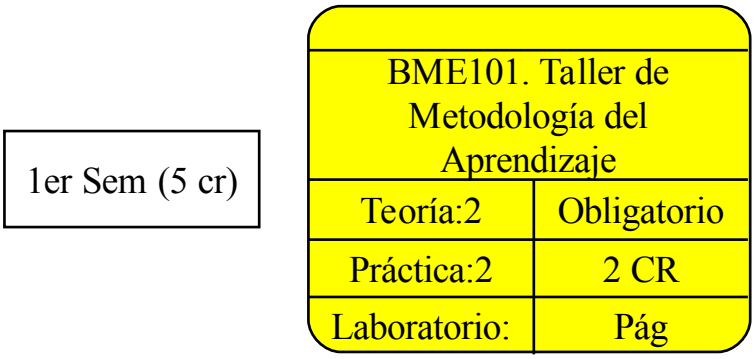


Figura 7.4: Mapa de Conexión. BME101 Taller de Metodología del Aprendizaje

2. Fundamentación

El éxito en programas exigentes de ciencias, ingeniería y computación no depende solo del conocimiento técnico, sino también de qué tan efectivamente los estudiantes planifican su vida académica y personal, estudian y aprenden. Este taller dota a los estudiantes de ciencias, ingeniería y computación con herramientas prácticas de metodología del aprendizaje: planificación de vida y carrera, técnicas de estudio basadas en evidencia, una introducción a cómo las herramientas modernas de IA/aprendizaje automático pueden apoyar su propio proceso de aprendizaje, los fundamentos del conocimiento científico y la investigación aplicada, la inteligencia emocional para la efectividad personal e interpersonal, y las habilidades de comunicación técnica y trabajo en equipo/liderazgo necesarias para colaborar a lo largo de sus estudios y su carrera profesional.

3. Objetivos del curso.

- Diseñar un proyecto de vida personal, estableciendo metas académicas y profesionales alineadas con los valores personales.
- Aplicar técnicas de estudio basadas en evidencia y estrategias de gestión del tiempo para mejorar el rendimiento académico.
- Relacionar los fundamentos del aprendizaje automático con la forma en que las herramientas basadas en IA pueden apoyar el propio proceso de aprendizaje del estudiante.
- Comunicar contenido técnico y académico de manera efectiva a audiencias diversas.
- Distinguir la investigación básica de la aplicada y aplicar prácticas básicas de metodología de investigación e integridad académica.
- Aplicar competencias de inteligencia emocional para la autogestión y la efectividad interpersonal.
- Aplicar habilidades de liderazgo, trabajo en equipo y gestión de interesados en entornos de proyectos colaborativos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Familiarizarse)

ABET-7) Habilidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Proyecto de Vida, 8 hr(s)

Competencias: ABET-7

Tópicos: I: Clarificación de valores personales como base para la planificación de vida. **II:** Establecimiento de metas de corto, mediano y largo plazo usando criterios SMART. **III:** De la trayectoria académica a la carrera profesional: proyección de los estudios de ciencias, ingeniería o computación hacia metas de carrera. **IV:** Herramientas de autoevaluación: fortalezas, intereses e inventarios de personalidad. **V:** Elaboración de un plan de proyecto de vida personal con hitos y puntos de revisión.

Objetivos de Aprendizaje I: Formular valores y metas personales para construir un proyecto de vida coherente [Usar]. **II:** Diseñar metas académicas y profesionales de corto, mediano y largo plazo usando herramientas de planificación estructurada [Usar]. **III:** Aplicar técnicas de autoevaluación para identificar fortalezas personales y áreas de mejora [Familiarizarse].

Bibliografía: [Burnett and Evans, 2016]

5.2 Técnicas y Hábitos de Estudio, 12 hr(s)

Competencias: ABET-7

Tópicos: I: Técnicas de aprendizaje activo: recuperación activa, repetición espaciada e interrogación elaborativa. **II:** Sistemas de toma de apuntes: el método Cornell, mapas conceptuales y esquemas. **III:** Gestión del tiempo y bloqueo de tiempo ("time-blocking"); la técnica Pomodoro. **IV:** Estrategias de preparación de exámenes y autoevaluación. **V:** Construcción de hábitos y rutinas de estudio sostenibles.

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar técnicas de recuperación activa y repetición espaciada para mejorar la retención a largo plazo del contenido del curso [Usar]. **II:** Usar sistemas estructurados de toma de apuntes (p. ej., el método Cornell) para organizar contenido académico [Usar]. **III:** Diseñar un plan personal de gestión del tiempo usando bloqueo de tiempo y la técnica Pomodoro [Usar]. **IV:** Aplicar estrategias de autoevaluación y preparación de exámenes para evaluar el propio progreso de aprendizaje [Evaluar].

Bibliografía: [Dunlosky et al., 2013, Newport, 2007]

5.3 Fundamentos de Aprendizaje Automático, 4 hr(s)

Competencias: ABET-7

Tópicos: I: Definición y ejemplos de una amplia variedad de tareas de aprendizaje automático: *a*) Aprendizaje supervisado: 1) Clasificación 2) Regresión *b*) Aprendizaje por refuerzo *c*) Aprendizaje no supervisado: 1) Agrupamiento **II:** Ideas fundamentales: *a*) Teorema de no hay almuerzo gratis: ningún aprendiz puede resolver todos los problemas; las decisiones de diseño de representación tienen consecuencias. *b*) Fuentes de error e indecidibilidad en el aprendizaje automático **III:** Un aprendizaje supervisado simple basado en estadísticas como regresión lineal o árboles de decisión: *a*) Enfocarse en cómo funcionan sin entrar en detalles matemáticos o de optimización;

suficiente para entender y usar implementaciones existentes correctamente **IV:** El problema del sobreajuste/control de la complejidad de la solución (regularización, poda - solo intuición): *a*) El compromiso entre sesgo (subajuste) - varianza (sobreajuste)

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las diferencias entre los tres estilos principales de aprendizaje (supervisado, por refuerzo y no supervisado) y determinar cuál es apropiado para un dominio de problema particular [Explicar] **II:** Diferenciar los términos: IA, aprendizaje automático y aprendizaje profundo [Evaluar] **III:** Formular una aplicación como un problema de clasificación, incluyendo las características de entrada disponibles y la salida a predecir (por ejemplo, identificar caracteres alfabéticos a partir de entrada de cuadrícula de píxeles) [Aplicar] **IV:** Identificar el sobreajuste en el contexto de un problema y curvas de aprendizaje y describir soluciones al sobreajuste [Evaluar] **V:** Explicar cómo funciona el aprendizaje automático como un proceso de optimización/búsqueda [Explicar]

Bibliografía: [Russell and Norvig, 2020]

5.4 Comunicación Escrita y Redacción Técnica, 2 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: I: Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico **II:** Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones **III:** Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Objetivos de Aprendizaje I: Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar] **II:** Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.5 Presentación Oral y Comunicación Profesional, 1 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: I: Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas **II:** Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos **III:** Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Objetivos de Aprendizaje I: Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar] **II:** Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse] **III:** Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.6 Comunicación Digital y Colaborativa, 1 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: I: Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo **II:** Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros **III:** Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Objetivos de Aprendizaje I: Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar] **II:** Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse] **III:** Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.7 Conocimiento Científico e Investigación Aplicada, 16 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Naturaleza y alcance del conocimiento científico: definiciones y límites. **II:** Investigación básica versus aplicada; el rol de la investigación aplicada en la práctica de la ingeniería, la computación y las ciencias. **III:** Fundamentos de metodología de investigación: formulación del problema y revisión de literatura. **IV:** Formulación de hipótesis y preguntas de investigación. **V:** Fundamentos de recolección y análisis de datos para la investigación en ingeniería, computación y ciencias. **VI:** Integridad académica y normas de citación: evitar el plagio y citar fuentes correctamente. **VII:** Introducción a la práctica de investigación en ingeniería, computación y ciencias: lectura y uso de artículos académicos.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir entre investigación básica y aplicada e identificar su rol en la práctica de la ingeniería, la computación y las ciencias [Usar]. **II:** Formular un problema de investigación y una revisión de literatura de apoyo para un tema de ingeniería, computación o ciencias [Usar]. **III:** Formular hipótesis y preguntas de investigación verificables [Usar]. **IV:** Aplicar procedimientos básicos de recolección y análisis de datos en un ejercicio de investigación simple [Familiarizarse]. **V:** Aplicar principios de integridad académica y normas de citación estándar al usar fuentes externas [Usar].

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Leedy and Ormrod, 2019]

5.8 Inteligencia Emocional, 8 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Modelo de inteligencia emocional de Goleman: autoconciencia, autorregulación, motivación, empatía y habilidades sociales. **II:** Técnicas de autoconciencia y autorregulación. **III:** Desarrollo de la empatía y las habilidades sociales para la efectividad interpersonal. **IV:** Estrategias de manejo del estrés y desarrollo de resiliencia para la vida académica.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los cinco componentes de la inteligencia emocional y relacionarlos con el comportamiento personal [Usar]. **II:** Aplicar técnicas de autorregulación y manejo del estrés para afrontar la presión académica [Usar]. **III:** Aplicar estrategias de empatía y habilidades sociales para mejorar las interacciones interpersonales [Familiarizarse].

Bibliografía: [Goleman, 1995]

5.9 Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders, 4 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Estilos de liderazgo, rasgos y la diferencia entre liderazgo y gestión **II:** Dinámicas de equipo: etapas de formación, conflicto, normalización y desempeño y roles **III:** Estrategias de resolución de conflictos y negociación **IV:** Identificación, análisis y planificación de involucramiento de stakeholders **V:** Teorías de motivación y su aplicación a equipos de ingeniería **VI:** Inteligencia cultural y liderazgo de equipos diversos y globales **VII:** Gestión del cambio y liderazgo de transformación organizacional **VIII:** Inteligencia emocional y su papel en el liderazgo efectivo **IX:** Liderazgo ético y creación de una cultura organizacional ética

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir diferentes estilos de liderazgo e identificar situaciones donde cada uno podría ser efectivo [Familiarizarse] **II:** Diagnosticar la etapa de desarrollo de un equipo de proyecto y proponer intervenciones apropiadas [Evaluar] **III:** Resolver un conflicto interpersonal simulado dentro de un equipo de proyecto usando un enfoque estructurado [Usar] **IV:** Desarrollar un plan de involucramiento de stakeholders para un proyecto con oposición comunitaria [Evaluar] **V:** Adaptar el enfoque de comunicación y liderazgo al trabajar con un equipo de un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Explicar los pasos clave en un proceso de gestión del cambio para implementar una nueva tecnología [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la inteligencia

emocional propia e identificar áreas de desarrollo [Evaluar] **VIII:** Modelar comportamiento de liderazgo ético en una simulación de proyecto basado en equipo [Usar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

6. Bibliografía

[Booth et al., 2016] Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M., Bizup, J., and FitzGerald, W. T. (2016). *The Craft of Research*. University of Chicago Press, 4th edition.

[Burnett and Evans, 2016] Burnett, B. and Evans, D. (2016). *Designing Your Life: How to Build a Well-Lived, Joyful Life*. Alfred A. Knopf.

[Dunlosky et al., 2013] Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., and Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1):4–58.

[Goleman, 1995] Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ*. Bantam Books.

[Gurak and Lannon, 2013] Gurak, L. J. and Lannon, J. M. (2013). *A Concise Guide to Technical Communication*. Pearson, 4th edition.

[Leedy and Ormrod, 2019] Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. (2019). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson, 12th edition.

[Newport, 2007] Newport, C. (2007). *How to Become a Straight-A Student*. Broadway Books.

[Robbins and Coulter, 2017] Robbins, S. P. and Coulter, M. (2017). *Management*. Pearson, 14th edition.

[Russell and Norvig, 2020] Russell, S. and Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BRC101 Redacción y Comunicación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

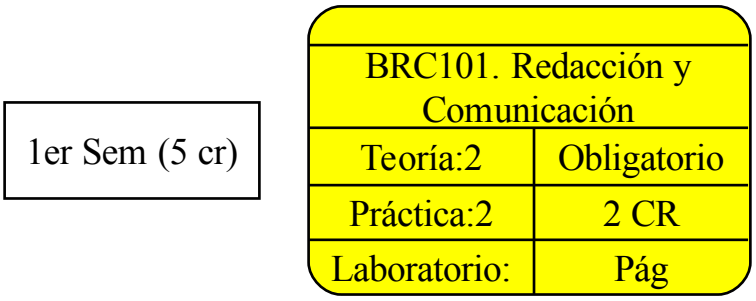


Figura 7.5: Mapa de Conexión. BRC101 Redacción y Comunicación

2. Fundamentación

La comunicación escrita, oral y digital efectiva es una competencia central de la ingeniería, independiente de la especialidad. Este curso desarrolla la redacción académica y técnica, la presentación oral y las habilidades de comunicación digital profesional, de modo que los estudiantes puedan producir informes claros y trabajos académicos colaborativos, aplicar normas de citación estándar, y comunicar contenido técnico a audiencias diversas a lo largo de sus estudios de ingeniería y su carrera profesional.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la gramática, el estilo y las convenciones de la redacción académica para producir textos escritos claros y bien organizados.
- Redactar textos académicos y de investigación grupal siguiendo normas de citación estándar (APA).
- Realizar presentaciones orales estructuradas, adaptando el contenido a diferentes audiencias.
- Comunicarse profesionalmente a través de canales digitales y con los interesados de un proyecto.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Comunicación Escrita y Redacción Técnica, 19 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico **II:** Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones **III:** Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar] **II:** Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013, American Psychological Association, 2020]

5.2 Presentación Oral y Comunicación Profesional, 19 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas **II:** Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos **III:** Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar] **II:** Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse] **III:** Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013, American Psychological Association, 2020]

5.3 Comunicación Digital y Colaborativa, 18 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo **II:** Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros **III:** Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar] **II:** Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse] **III:** Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013, American Psychological Association, 2020]

6. Bibliografía

[American Psychological Association, 2020] American Psychological Association (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association*. American Psychological Association, 7th edition.

[Gurak and Lannon, 2013] Gurak, L. J. and Lannon, J. M. (2013). *A Concise Guide to Technical Communication*. Pearson, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BIC101 Introducción a la Programación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Laboratorio**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

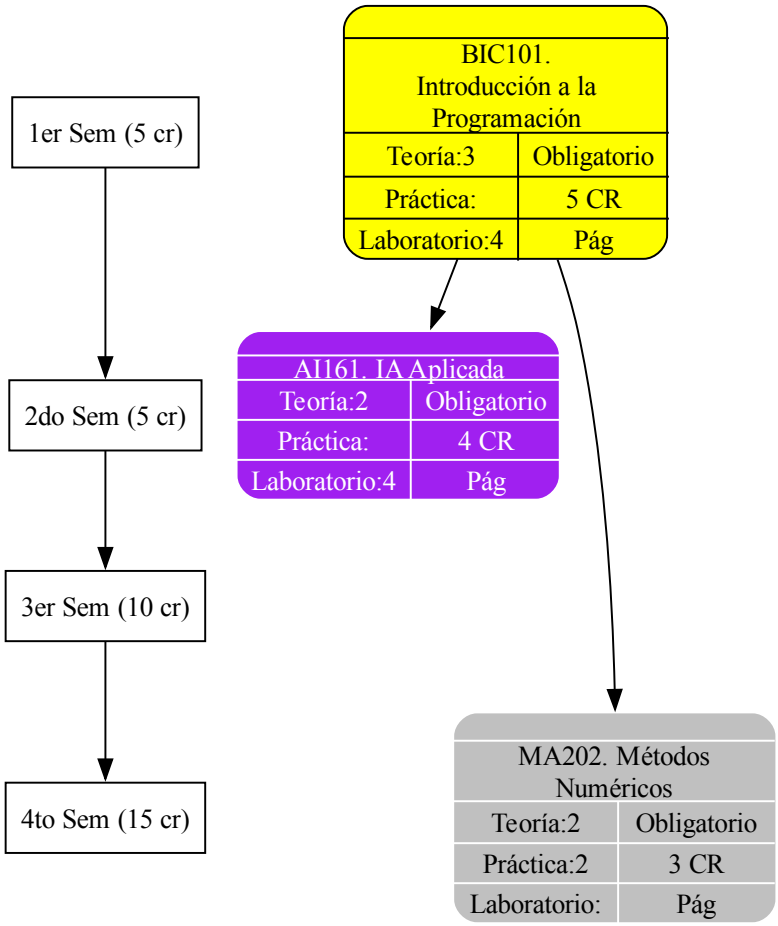


Figura 7.6: Mapa de Conexión. BIC101 Introducción a la Programación

2. Fundamentación

Este es el primer curso de la secuencia de cursos introductorios a la Ciencia de la Computación. Este curso introduce a los participantes a los conceptos fundamentales de programación usando Python. Los temas incluyen tipos de datos, estructuras de control, funciones, listas, recursión, y la mecánica de ejecución, prueba y depuración. La programación es uno de los pilares de la Ciencia de la Computación; cualquier profesional en el área necesitará programar para materializar sus modelos y propuestas.

3. Objetivos del curso.

- Introducir los conceptos fundamentales de programación.

- Desarrollar la capacidad de abstracción usando lenguaje de programación.
- Desarrollar habilidades de resolución de problemas mediante el pensamiento algorítmico.
- Comprender estructuras de datos básicas y sus aplicaciones.
- Dominar el lenguaje de programación Python para la resolución de problemas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

ABET-7) Habilidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Introducción a la Programación y su Historia, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Breve historia de la computación y los lenguajes de programación. **II:** Visión general del lenguaje de programación Python. **III:** Entornos y herramientas de programación. **IV:** Estructura básica y ejecución de programas. **V:** Escritura, ejecución y depuración de programas simples.

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar tendencias importantes en la historia de la computación. [Familiarizarse] **II:** Discutir el contexto histórico de los paradigmas de lenguajes de programación. [Familiarizarse] **III:** Comparar la vida diaria antes y después de las computadoras personales e Internet. [Evaluar] **IV:** Escribir, compilar y ejecutar un programa simple en Python. [Usar]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013, Brookshear and Brylow, 2019]

5.2 Fundamentos de Sistemas de Tipos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Un tipo como un conjunto de valores junto con un conjunto de operaciones: *a*) Tipos primitivos (por ejemplo, números, booleanos) *b*) Tipos compuestos construidos a partir de otros tipos (por ejemplo, registros/estructuras, uniones, arreglos, listas, funciones, referencias usando operaciones de conjuntos) **II:** Seguridad de tipos y errores causados por usar valores inconsistentemente dados sus tipos pretendidos **III:** Objetivos y limitaciones del tipado estático y dinámico: detectar y eliminar errores lo antes posible. **IV:** Tipos de datos primitivos en Python (int, float, str, bool). **V:** Conversión de tipos y casting.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir, tanto para un tipo primitivo como para uno compuesto, los valores que tienen ese tipo [Familiarizarse] **II:** Describir ejemplos de errores de programa detectados por un sistema de tipos [Familiarizarse] **III:** Usar tipos y mensajes de error de tipos para escribir y depurar programas [Usar] **IV:** Explicar el sistema de tipado dinámico de Python. [Familiarizarse]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013]

5.3 Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Programación imperativa como subconjunto de la programación orientada a objetos. **II:** Definición de clases: campos, métodos y constructores. **III:** Propiedades dinámicas vs estáticas. **IV:** Variables, expresiones y asignaciones. **V:** Operaciones de entrada y salida. **VI:** Sentencias condicionales (if, elif, else). **VII:** Estructuras de iteración (bucles for, bucles while). **VIII:** Bucles anidados y sentencias de control de bucle. **IX:** Fundamentos del manejo de excepciones.

Objetivos de Aprendizaje I: Componer una clase a través del diseño, implementación y prueba para cumplir con los requisitos de comportamiento [Usar] **II:** Predecir y validar el flujo de control en un programa usando despacho dinámico [Evaluar] **III:** Usar mecanismos de encapsulación orientados a objetos como interfaces y miembros privados [Usar] **IV:** Implementar programas usando estructuras condicionales e iterativas. [Usar] **V:** Depurar programas con errores de sintaxis y lógicos. [Usar] **VI:** Diseñar e implementar algoritmos simples usando bucles. [Usar]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013, Brookshear and Brylow, 2019]

5.4 Funciones y paso de parámetros, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Definición e invocación de funciones. **II:** Mecanismos de paso de parámetros (por valor, por referencia). **III:** Valores de retorno y múltiples retornos. **IV:** Alcance y tiempo de vida de variables (local, global, nonlocal). **V:** Fundamentos de recursión. **VI:** Expresiones lambda y funciones de orden superior. **VII:** Funciones como objetos de primera clase. **VIII:** Documentación y prueba de funciones.

Objetivos de Aprendizaje I: Definir e implementar funciones con paso de parámetros adecuado. [Usar] **II:** Explicar la diferencia entre paso por valor y paso por referencia. [Familiarizarse] **III:** Implementar soluciones recursivas a problemas simples. [Usar] **IV:** Usar expresiones lambda para construcciones de programación funcional. [Usar] **V:** Diseñar funciones con alcance y documentación apropiados. [Evaluar]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013, Hunt and Thomas, 1999]

5.5 Estructuras de datos básicas, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Listas y operaciones con listas (indexación, segmentación, mutabilidad). **II:** Tuplas e inmutabilidad. **III:** Diccionarios y mapeo clave-valor. **IV:** Conjuntos y operaciones con conjuntos. **V:** Cadenas como secuencias. **VI:** Comprensión de listas y expresiones generadoras. **VII:** Algoritmos básicos de búsqueda y ordenamiento. **VIII:** Introducción a la complejidad algorítmica para operaciones básicas.

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar programas usando listas, diccionarios y conjuntos. [Usar] **II:** Elegir estructuras de datos apropiadas para problemas dados. [Evaluar] **III:** Explicar las compensaciones entre diferentes estructuras de datos. [Familiarizarse] **IV:** Implementar operaciones básicas de búsqueda y ordenamiento en listas. [Usar]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013]

5.6 Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Subclases, herencia (incluyendo herencia múltiple) y sobrescritura de métodos. **II:** Despacho dinámico: definición de llamada a método. **III:** Idiomas orientados a objetos para encapsulación: *a*) Privacidad, ocultación de datos y visibilidad de miembros de clase. *b*) Interfaces que revelan solo firmas de métodos. *c*) Clases base abstractas, rasgos (*traits*) y mixins. **IV:** Clases y objetos en Python. **V:** Atributos y métodos. **VI:** Fundamentos de herencia y polimorfismo. **VII:** Encapsulamiento y ocultación de información.

Objetivos de Aprendizaje I: Construir una jerarquía de clases simple utilizando subclases que permita reutilizar código para subclases distintas [Usar] **II:** Explicar la relación entre la herencia orientada a objetos (compartición de código y sobrescritura) y el subtipado (la idea de que un subtipo sea usable en un contexto que espera el supertipo) [Familiarizarse] **III:** Comparar y

contrastar los beneficios y costos/impacto de usar herencia (subclases) y composición (específicamente, cómo basar la composición en funciones de orden superior) [Evaluar] **IV:** Diseñar e implementar clases simples en Python. [Usar] **V:** Explicar los beneficios de la POO para la organización del código. [Familiarizarse]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Guttag, 2013]

5.7 Estrategias Algorítmicas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Paradigmas: *a*) Fuerza Bruta (por ejemplo, búsqueda lineal, ordenamiento por selección, viajante de comercio, mochila) *b*) Disminuir y Vencer: 1) Por una Constante (por ejemplo, ordenamiento por inserción, ordenamiento topológico) 2) Por un Factor Constante (por ejemplo, búsqueda binaria) 3) Por un Tamaño Variable (por ejemplo, Euclides) *c*) Dividir y Vencer (por ejemplo, búsqueda binaria, quicksort, mergesort, Strassen) *d*) Voraz (por ejemplo, Dijkstra, Kruskal, Mochila) *e*) Transformar y Vencer: 1) Simplificación de instancia (por ejemplo, encontrar duplicados mediante preordenamiento de lista) 2) Cambio de representación (por ejemplo, heapsort) 3) Reducción de problema (por ejemplo, mínimo común múltiplo, programación lineal) 4) Programación dinámica (por ejemplo, Floyd, Marshall, Bellman-Ford) *f*) Compromisos espacio vs tiempo (por ejemplo, hash) **II:** Iteración vs recursión (por ejemplo, factorial, búsqueda en árbol) **III:** Estrategias de descomposición de problemas. **IV:** Técnicas de diseño de algoritmos. **V:** Estrategias de depuración y prueba. **VI:** Seguimiento de la ejecución del programa.

Objetivos de Aprendizaje I: Para cada uno de los paradigmas en esta unidad: *a*) Explicar sus características definitorias *b*) Explicar un ejemplo que demuestre el paradigma incluyendo cómo este ejemplo satisface las características del paradigma. [Familiarizarse] **II:** Dar ejemplos de algoritmos iterativos y recursivos que resuelvan el mismo problema, explicar los beneficios y desventajas de cada enfoque [Usar] **III:** Evaluar si un enfoque voraz conduce a una solución óptima [Evaluar] **IV:** Aplicar técnicas sistemáticas de depuración para localizar y corregir errores. [Usar] **V:** Analizar la complejidad algorítmica para problemas simples. [Familiarizarse]

Bibliografía: [Guttag, 2013, Cormen et al., 2009]

5.8 Métodos Modernos de Desarrollo y Uso de Herramientas, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-7

Tópicos: I: Uso de entornos de programación modernos (IDEs, notebooks). **II:** Mejores prácticas de búsqueda y reutilización de código. **III:** Uso de bibliotecas estándar y APIs. **IV:** Técnicas de depuración y prueba. **V:** Fundamentos de control de versiones. **VI:** Documentación de código y guías de estilo. **VII:** Entornos virtuales y gestión de paquetes.

Objetivos de Aprendizaje I: Usar herramientas de desarrollo modernas efectivamente. [Usar] **II:** Aplicar principios de reutilización de código mediante bibliotecas y APIs. [Usar] **III:** Depurar y probar programas sistemáticamente. [Usar] **IV:** Seguir estándares de codificación y prácticas de documentación. [Familiarizarse] **V:** Gestionar paquetes y entornos de Python. [Familiarizarse]

Bibliografía: [Zelle, 2010, Hunt and Thomas, 1999]

6. Bibliografía

[Brookshear and Brylow, 2019] Brookshear, J. G. and Brylow, D. (2019). *Computer Science: An Overview*. Pearson, global edition edition.

[Cormen et al., 2009] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., and Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms*. MIT Press, 3rd edition.

[Guttag, 2013] Guttag, J. V. (2013). *Introduction to Computation and Programming Using Python*. MIT Press, 1st edition.

[Hunt and Thomas, 1999] Hunt, A. and Thomas, D. (1999). *The Pragmatic Programmer: From Journeyman to Master*. Addison-Wesley, 1st edition.

[Zelle, 2010] Zelle, J. M. (2010). *Python Programming: An Introduction to Computer Science*. Franklin, Beedle & Associates Inc, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BEC101 Economía General (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 1er Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

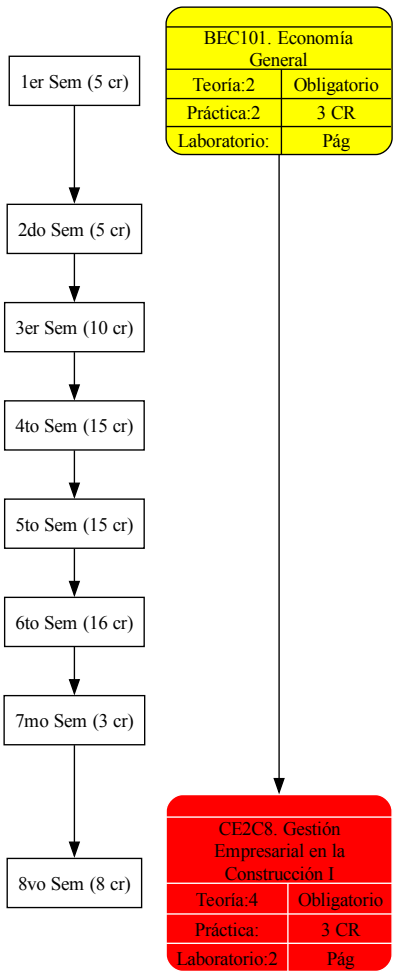


Figura 7.7: Mapa de Conexión. BEC101 Economía General

2. Fundamentación

Economía General introduce los fundamentos de la teoría económica y su evolución histórica, el funcionamiento del mercado (oferta, demanda y elasticidad), las estructuras de mercado, la producción, costos y beneficios de la empresa, la gestión económica y financiera empresarial, y los aspectos básicos de la macroeconomía, el crecimiento y la globalización, como base para la toma de decisiones económicas de los profesionales de ingeniería y computación.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar los principios fundamentales de la teoría económica al análisis de decisiones de ingeniería.

- Analizar el funcionamiento del mercado mediante la oferta, la demanda y la elasticidad.
- Analizar la producción, los costos y los beneficios de una empresa bajo distintas estructuras de mercado.
- Comprender los aspectos básicos de la macroeconomía, el crecimiento económico y la globalización.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos de Teoría Económica, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Conceptos fundamentales de la teoría económica: escasez, costo de oportunidad y toma de decisiones.

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los conceptos fundamentales de la teoría económica [Familiarizarse].

Bibliografía: [Mankiw, 2018]

5.2 Economía Preclásica y Clásica, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Doctrina mercantilista, fisiocracia y el Tableau économique de Quesnay **II:** Adam Smith: la mano invisible, la división del trabajo, la teoría del valor y la crítica al mercantilismo **III:** David Ricardo: ventaja comparativa, teoría de la renta, equivalencia ricardiana y el debate sobre las leyes del trigo **IV:** La crítica de Marx a la economía clásica: plusvalía, explotación, acumulación de capital y la teoría de las crisis

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales contribuciones de Adam Smith y David Ricardo a la economía política clásica [Familiarizarse] **II:** Evaluar la crítica de Marx a la economía clásica e identificar qué elementos mantienen relevancia analítica [Usar] **III:** Comparar las teorías del valor trabajo de Ricardo y Marx con la posterior teoría marginalista del valor, identificando las implicaciones normativas [Evaluar]

Bibliografía: [Mankiw, 2018, Samuelson and Nordhaus, 2010]

5.3 Teoría del Consumidor, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Axiomas de preferencia (completitud, transitividad, continuidad) y teoremas de representación de la utilidad **II:** El problema de maximización de la utilidad: funciones de demanda marshalliana e identidad de Roy **III:** El problema de minimización del gasto: funciones de demanda hicksiana y lema de Shephard **IV:** La ecuación de Slutsky: descomposición de los efectos precio en efectos sustitución e ingreso **V:** Teoría de la preferencia revelada: WARP, SARP y contenido empírico de la teoría de la demanda

Objetivos de Aprendizaje I: Enunciar los axiomas de preferencia racional y las condiciones para la representación de la utilidad [Familiarizarse] **II:** Derivar funciones de demanda marshalliana e hicksiana a partir de los problemas de maximización de utilidad y minimización del gasto [Usar] **III:** Descomponer los efectos precio en efectos sustitución e ingreso mediante la ecuación de Slutsky [Evaluar]

Bibliografía: [Mankiw, 2018]

5.4 Estructuras de Mercado, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Equilibrio competitivo: comportamiento precio-aceptante, oferta de corto y largo plazo y condición de beneficio nulo **II:** Fijación de precios del monopolio: ingreso marginal, pérdida irrecuperable, discriminación de precios (primero, segundo y tercer grado) **III:** Competencia monopolística: diferenciación de productos, fijación de precios con margen y equilibrio de libre entrada **IV:** Modelos de oligopolio: competencia de Cournot, Bertrand y Stackelberg; colusión y el dilema del prisionero **V:** Fijación de precios avanzada: paquetes, tarifas en dos partes, versioning y precios en horas pico

Objetivos de Aprendizaje I: Comparar los resultados de equilibrio en distintas estructuras de mercado en términos de precio, cantidad y eficiencia [Familiarizarse] **II:** Calcular el precio de equilibrio, la cantidad y el bienestar bajo monopolio y duopolio de Cournot [Usar] **III:** Evaluar los efectos sobre el bienestar del poder de mercado y la justificación de la política antimonopolio [Evaluar]

Bibliografía: [Mankiw, 2018, Samuelson and Nordhaus, 2010]

5.5 Teoría del Productor, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Funciones de producción, isocuantas, productos marginales y rendimientos a escala **II:** Minimización de costos: demandas condicionales de factores, funciones de costo y lema de Shephard **III:** Maximización de beneficios: oferta de producto y demanda de factores en condiciones competitivas y monopólicas **IV:** Costos de corto y largo plazo, economías de escala y alcance, y empresas multiproducto

Objetivos de Aprendizaje I: Describir la tecnología de producción usando funciones de producción, isocuantas y rendimientos a escala [Familiarizarse] **II:** Derivar funciones de costo y curvas de oferta a partir del comportamiento maximizador de beneficios [Usar] **III:** Analizar cómo los cambios en los precios de los insumos afectan la oferta de producto y las demandas de factores mediante la dualidad [Evaluar]

Bibliografía: [Mankiw, 2018]

5.6 Mercados e Instituciones Financieras, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Microestructura del mercado: diferencial entre precios de compra y venta, flujo de órdenes, liquidez y formación de precios **II:** Intermediación financiera: los bancos como transformadores de liquidez, descalce de plazos y corridas bancarias (Diamond-Dybvig) **III:** Riesgo sistémico, contagio financiero, política macroprudencial y la crisis financiera de 2008 **IV:** Regulación financiera: requisitos de capital, seguro de depósitos, prestamista de última instancia y Dodd-Frank

Objetivos de Aprendizaje I: Describir el papel de los intermediarios financieros en la economía y las fuentes del riesgo sistémico [Familiarizarse] **II:** Evaluar el diseño y las disyuntivas de la regulación macroprudencial para prevenir las crisis financieras [Usar] **III:** Analizar cómo las asimetrías de información y el riesgo sistémico justifican distintas formas de regulación financiera [Evaluar]

Bibliografía: [Blank and Tarquin, 2017, Samuelson and Nordhaus, 2010]

5.7 Contabilidad del Ingreso Nacional, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición y medición del PIB: enfoques del gasto, ingreso y producción; PIB nominal vs. real **II:** Identidades del ingreso nacional: Y = C + I + G + XN; relación ahorro-inversión y cuenta corriente **III:** Índices de precios: deflactor del PIB, IPC, IPP; medición de la inflación y las variables reales **IV:** Cuentas de la balanza de pagos: cuenta corriente, cuenta de capital y cuenta financiera

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir el PIB y explicar los tres enfoques para su medición [Familiarizarse] **II:** Calcular el crecimiento del PIB real, el deflactor del PIB y el saldo ahorro-inversión a partir de datos de cuentas nacionales [Usar] **III:** Interpretar discrepancias entre los enfoques de contabilidad nacional e identificar limitaciones de medición [Evaluar]

Bibliografía: [Samuelson and Nordhaus, 2010]

5.8 Teoría del Crecimiento Económico, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Modelo de crecimiento de Solow-Swan: acumulación de capital, estado estacionario, convergencia y la regla de oro **II:** Progreso tecnológico exógeno, productividad total de los factores y el residuo de Solow **III:** Modelos de crecimiento endógeno: modelo AK, modelos basados en I+D (Romer, Aghion-Howitt) y externalidades del conocimiento **IV:** Regresiones de crecimiento entre países, convergencia condicional y el papel de las instituciones y el capital humano **V:** Determinantes institucionales del crecimiento: derechos de propiedad, estado de derecho y economía política

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el modelo de Solow y sus predicciones sobre la acumulación de capital y el ingreso en el estado estacionario [Familiarizarse] **II:** Analizar el impacto de las tasas de ahorro y el progreso tecnológico en el crecimiento de largo plazo usando el modelo de Solow [Usar] **III:** Comparar las teorías de crecimiento exógeno y endógeno y sus implicaciones para la política [Evaluar]

Bibliografía: [Samuelson and Nordhaus, 2010]

6. Bibliografía

[Blank and Tarquin, 2017] Blank, L. and Tarquin, A. (2017). *Engineering Economy*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Mankiw, 2018] Mankiw, N. G. (2018). *Principles of Economics*. Cengage Learning, 8th edition.

[Samuelson and Nordhaus, 2010] Samuelson, P. A. and Nordhaus, W. D. (2010). *Economics*. McGraw-Hill, 19th edition.

Segundo Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE1G1 Geología General (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

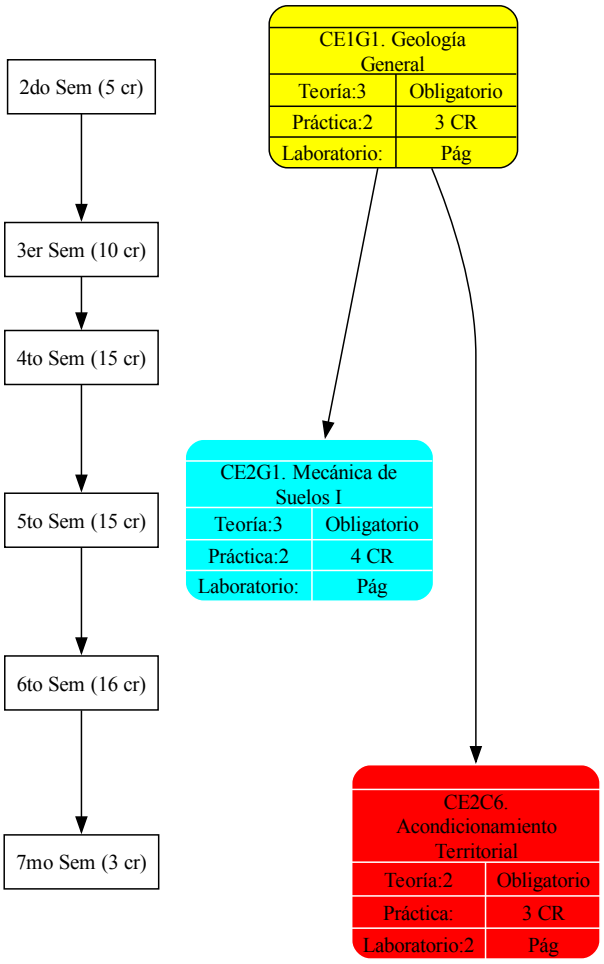


Figura 7.8: Mapa de Conexión. CE1G1 Geología General

2. Fundamentación

El curso de Geología General proporciona al futuro ingeniero civil los fundamentos descriptivos y analíticos de las Ciencias de la Tierra: los minerales y rocas que constituyen los materiales geológicos, las estructuras que registran la deformación de la corteza terrestre, los procesos superficiales de meteorización y erosión, el tiempo geológico y la lectura de mapas geológicos, y una introducción a

la geología aplicada a la caracterización de sitios. Este conocimiento constituye la base conceptual indispensable sobre la cual se apoyan cursos posteriores de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica.

3. Objetivos del curso.

- Identificar los minerales y rocas más comunes y relacionar sus propiedades con su comportamiento ingenieril esperado.
- Reconocer e interpretar estructuras geológicas -pliegues, fallas y diaclasas- y su influencia en la estabilidad de macizos rocosos.
- Comprender los procesos de meteorización, erosión y formación del relieve relevantes para la evaluación de condiciones de sitio.
- Leer e interpretar mapas geológicos, columnas estratigráficas y secciones transversales.
- Aplicar los fundamentos de la geología general al reconocimiento preliminar y a la caracterización descriptiva de sitios de ingeniería civil.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Mineralogía, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Estructura cristalina y hábito de los minerales **II:** Grupos principales de minerales formadores de rocas: silicatos, carbonatos, óxidos y sulfatos **III:** Escala de dureza de Mohs y ensayos de rayado **IV:** Exfoliación, fractura y otras propiedades físicas diagnósticas **V:** Brillo, color y raya como criterios de identificación **VI:** Composición química básica y reacción con ácido clorhídrico diluido

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los minerales formadores de rocas más comunes usando propiedades físicas [Familiarizarse] **II:** Aplicar la escala de Mohs para determinar la dureza relativa de muestras minerales [Usar] **III:** Distinguir minerales similares mediante exfoliación, fractura y brillo [Evaluar] **IV:** Relacionar la composición mineral de una roca con su comportamiento ingenieril esperado [Familiarizarse] **V:** Realizar ensayos de campo simples (rayado, ácido, brillo) para identificación mineral [Usar]

Bibliografía: [Tarbuck et al., 2014]

5.2 Petrología y el Ciclo de las Rocas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Clasificación de rocas ígneas intrusivas y extrusivas por textura y composición **II:** Procesos de formación de rocas sedimentarias: erosión, transporte, depositación y litificación **III:** Clasificación de rocas sedimentarias clásticas, químicas y bioquímicas **IV:** Procesos metamórficos: metamorfismo de contacto y regional **V:** Clasificación de rocas metamórficas foliadas y no foliadas **VI:** El ciclo de las rocas y las transformaciones entre tipos litológicos **VII:** Propiedades ingenieriles relevantes de las rocas: resistencia, durabilidad y alterabilidad

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar muestras de mano de rocas ígneas según su textura y composición mineral [Evaluar] **II:** Explicar los procesos de formación de las rocas sedimentarias y su significado ingenieril [Familiarizarse] **III:** Reconocer texturas metamórficas foliadas y no foliadas en muestras de mano [Usar] **IV:** Trazar las trayectorias del ciclo de las rocas entre los

tres grupos litológicos [Familiarizarse] **V:** Evaluar cualitativamente la aptitud de un tipo de roca para uso como material de construcción o cimentación [Evaluar]

Bibliografía: [Tarbuck et al., 2014, Marshak, 2015]

5.3 Geología Estructural, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Conceptos de esfuerzo y deformación en rocas **II:** Tipos de pliegues: anticlinales, sinclinales y sus elementos geométricos **III:** Tipos de fallas: normales, inversas y de rumbo **IV:** Sistemas de diaclasas y su influencia en la resistencia del macizo rocoso **V:** Medición e interpretación del rumbo y buzamiento **VI:** Discordancias y su significado en la historia geológica **VII:** Influencia de las estructuras geológicas en la estabilidad de taludes y excavaciones

Objetivos de Aprendizaje I: Diferenciar pliegues, fallas y diaclasas a partir de sus rasgos geométricos [Familiarizarse] **II:** Medir el rumbo y buzamiento de planos geológicos usando la brújula geológica (tipo Brunton) [Usar] **III:** Interpretar la orientación de discontinuidades estructurales respecto a una excavación o talud [Evaluar] **IV:** Evaluar la influencia de los sistemas de diaclasas en la estabilidad de un macizo rocoso [Evaluar] **V:** Reconocer discordancias y relacionarlas con la historia geológica regional [Familiarizarse]

Bibliografía: [Billings, 1972]

5.4 Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Meteorización física: fragmentación térmica, gelifracción y descompresión **II:** Meteorización química: hidrólisis, oxidación y disolución **III:** Meteorización biológica y bioerosión **IV:** Formación de suelos residuales a partir de la meteorización in situ **V:** Principales formas del relieve: valles, terrazas, abanicos aluviales y conos de deyección **VI:** Procesos de erosión hídrica, eólica y procesos de remoción en masa

Objetivos de Aprendizaje I: Distinguir los tipos de meteorización física, química y biológica presentes en un afloramiento [Familiarizarse] **II:** Relacionar el grado de meteorización de una roca con la calidad esperada de un macizo rocoso [Usar] **III:** Identificar formas del relieve y su origen geomorfológico [Familiarizarse] **IV:** Evaluar la susceptibilidad de una ladera a procesos erosivos y de remoción en masa [Evaluar] **V:** Aplicar criterios de clasificación de meteorización para estimar la durabilidad de materiales rocosos en taludes [Usar]

Bibliografía: [Tarbuck et al., 2014]

5.5 Tiempo Geológico, Estratigrafía y Cartografía Geológica, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Escala del tiempo geológico y magnitud del tiempo profundo **II:** Principios de datación relativa: superposición, horizontalidad original y relaciones de corte **III:** Elaboración e interpretación de columnas estratigráficas **IV:** Simbología y convenciones de los mapas geológicos **V:** Construcción de secciones transversales geológicas a partir de mapas **VI:** Discontinuidades estratigráficas y su expresión en mapas geológicos **VII:** Técnicas básicas de cartografía geológica de campo

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los principios de la datación relativa para establecer secuencias estratigráficas [Familiarizarse] **II:** Leer e interpretar mapas geológicos estándar, incluyendo su simbología y leyenda [Usar] **III:** Construir una sección transversal geológica a partir de un mapa geológico y datos de rumbo/buzamiento [Evaluar] **IV:** Correlacionar unidades estratigráficas entre columnas de diferentes localidades [Evaluar] **V:** Aplicar técnicas básicas de cartografía geológica de campo para un levantamiento simple [Usar]

Bibliografía: [Compton, 1985]

5.6 Hidrología Superficial y Subterránea Básica de los Materiales Geológicos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Porosidad y permeabilidad de suelos y rocas **II:** Concepto de nivel freático y zona no saturada **III:** Conceptos básicos de acuífero, acuitardo y acuicludo **IV:** Manantiales, filtraciones y su relación con el contexto geológico **V:** Patrones de drenaje superficial y su relación con la litología y estructura **VI:** Interacción agua-roca y su influencia en la meteorización

Objetivos de Aprendizaje I: Diferenciar los conceptos de porosidad y permeabilidad para distintos materiales geológicos [Familiarizarse] **II:** Describir la posición del nivel freático y su variación estacional en un sitio dado [Familiarizarse] **III:** Relacionar la aparición de manantiales y filtraciones con el contexto geológico e hidrogeológico local [Usar] **IV:** Identificar patrones de drenaje superficial característicos de diferentes condiciones geológicas [Evaluar] **V:** Explicar conceptualmente la interacción agua-roca y su papel en la meteorización química [Familiarizarse]

Bibliografía: [Tarbuck et al., 2014]

5.7 Geología Aplicada, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Reconocimiento geológico preliminar de sitio **II:** Descripción cualitativa de macizos rocosos: grado de fracturamiento y meteorización **III:** Tipos de peligros geológicos: deslizamientos, caída de rocas, actividad sísmica y volcánica **IV:** Uso de fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos en el reconocimiento geológico **V:** Elementos básicos de un informe geológico preliminar de sitio **VI:** Uso de herramientas de campo: brújula geológica, GPS, lupa de mano y martillo de geólogo **VII:** Influencia de las condiciones geológicas en la selección de sitios para infraestructura

Objetivos de Aprendizaje I: Conducir un reconocimiento geológico preliminar de un sitio de interés para ingeniería civil [Usar] **II:** Describir cualitativamente el grado de fracturamiento y meteorización de un macizo rocoso [Evaluar] **III:** Reconocer los principales tipos de peligros geológicos que pueden afectar una obra de infraestructura [Familiarizarse] **IV:** Utilizar herramientas básicas de campo para el levantamiento de información geológica [Usar] **V:** Elaborar un informe geológico preliminar de sitio con recomendaciones básicas para estudios posteriores [Evaluar]

Bibliografía: [de Vallejo et al., 2002]

6. Bibliografía

[Billings, 1972] Billings, M. P. (1972). *Structural Geology*. Prentice-Hall, 3rd edition.

[Compton, 1985] Compton, R. R. (1985). *Geology in the Field*. Wiley, 1st edition.

[de Vallejo et al., 2002] de Vallejo, L. I. G., Ferrer, M., Ortuño, L., and Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, 1st edition.

[Marshak, 2015] Marshak, S. (2015). *Earth: Portrait of a Planet*. W. W. Norton & Company, 5th edition.

[Tarbuck et al., 2014] Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., and Tasa, D. (2014). *Earth: An Introduction to Physical Geology*. Pearson, 11th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

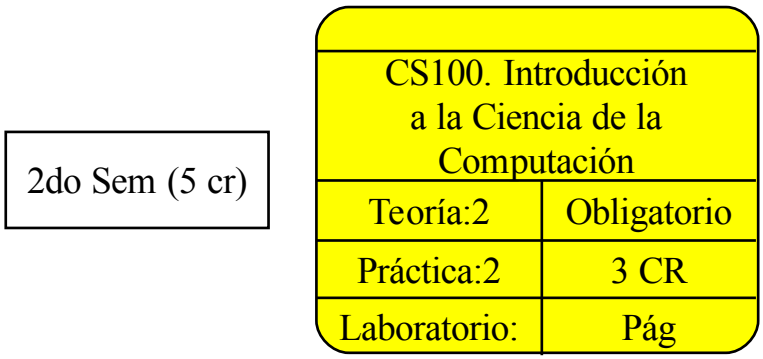


Figura 7.9: Mapa de Conexión. CS100 Introducción a la Ciencia de la Computación

2. Fundamentación

Este curso sirve como base para comprender los conceptos fundamentales del pensamiento computacional aplicables en diversas profesiones.

El curso proporciona, partiendo desde cero, una visión panorámica de: pensamiento computacional introductorio, almacenamiento de datos, arquitectura de computadoras, sistemas operativos, redes e Internet, algoritmos, métodos de ordenamiento, ingeniería de software, bases de datos, estructuras de datos, ingeniería de software, gráficos por computadora. Además, todos los conceptos son integrados con los nuevos conceptos de la inteligencia artificial.

Diseñado como un curso introductorio a la Ciencia de la Computación, los conceptos se presentan de manera lúdica y utilizando una metodología de Aprendizaje Activo. A lo largo del curso, se fomenta la participación activa de la audiencia, similar a una representación teatral.

Las áreas de conocimiento relacionadas cubiertas están directamente alineadas con los Planes de Estudio de Computación ACM/IEEE-CS.

El curso **no requiere** conocimientos previos en temas de manejo de computadoras y puede ser tomado por estudiantes de cualquier campo.

3. Objetivos del curso.

- Introducir los conceptos fundamentales del Pensamiento Computacional y la Ciencia de la Computación a estudiantes de cualquier formación profesional.
- Desarrollar su capacidad de abstracción.
- Comprender cómo se aplica el Pensamiento Computacional en cada una de sus profesiones.
- Aplicar conceptos avanzados de manera simplificada en cualquier carrera.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Familiarizarse)

ABET-7) Habilidad para adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Pensamiento Computacional (Parte I), 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Explicación del sistema de evaluación. **II:** Instrucciones generales del curso. **III:** Definición de Computación. **IV:** La Computación como un binomio Humano-Computadora. **V:** Distorsiones en la definición de computación. **VI:** La Computación como la automatización de la abstracción. **VII:** Computación e Ingeniería: similitudes y diferencias. **VIII:** Resolución de problemas algorítmicos. **IX:** Dinámica: Comprender la ejecución de un algoritmo a velocidad humana.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar los conceptos fundamentales de la computación en situaciones de la vida real. [Usar] **II:** Identificar distorsiones de la Computación en situaciones de la vida real. [Usar] **III:** Identificar claramente al menos 3 contextos de uso de la palabra .^{En}gineer.^{en} inglés. [Evaluar] **IV:** Identificar las limitaciones humanas para resolver problemas computacionales. [Usar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.2 Pensamiento Computacional (Parte II), 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Descomposición (Dividir un problema en piezas más pequeñas). **II:** Abstracción (Enfocarse en lo importante). **III:** Reconocimiento de patrones (Identificar secuencias similares basadas en problemas previos). **IV:** Diseño de algoritmos.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar el Pensamiento Computacional a problemas del mundo real. [Usar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.3 Conceptos Generales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Numeración binaria vs. decimal. **II:** Representación de caracteres: la tabla ASCII. **III:** Búsqueda binaria. **IV:** Complejidad computacional de un algoritmo.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar varios sistemas de numeración a problemas del mundo real. [Usar] **II:** Comprender la representación interna de caracteres en las tablas ASCII y UTF-8. [Familiarizarse] **III:** Aplicar la estrategia algorítmica de Divide y Vencerás. [Usar] **IV:** Determinar análisis básicos de complejidad algorítmica. [Usar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.4 Representación de Datos a Nivel de Máquina, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Visión general e historia de la arquitectura de computadoras **II:** Bits, bytes y palabras **III:** Representaciones sin signo, con signo y complemento a dos **IV:** Representación de datos numéricos y bases numéricas: *a*) Punto fijo *b*) Punto flotante **V:** Representación de datos no numéricos **VI:** Representación de registros, arreglos y tipos de datos UTF

Objetivos de Aprendizaje **I:** Discutir por qué todo en las computadoras son datos, incluyendo instrucciones [Debatir] **II:** Explicar cómo las representaciones numéricas de longitud fija pueden afectar la exactitud y precisión [Explicar] **III:** Describir cómo se almacenan los enteros negativos en representaciones de magnitud con signo y complemento a dos [Describir] **IV:** Discutir cómo diferentes formatos pueden representar datos numéricos [Debatir] **V:** Explicar la representación a nivel de bits de datos no numéricos, como caracteres, cadenas, registros y arreglos [Explicar] **VI:** Traducir datos numéricos de un formato a otro [Traducir] **VII:** Describir cómo un sumador único (sin detección de desbordamiento) puede manejar tanto entrada con signo (complemento a dos) como sin signo (binario) sin "saber" qué formato está usando una entrada dada [Describir]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.5 Abstracción y Representación de Programas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Programas que toman (otros) programas como entrada, como intérpretes, compiladores, verificadores de tipos, generadores de documentación **II:** Componentes de un lenguaje: *a*) Definiciones de alfabetos, delimitadores, oraciones, sintaxis y semántica *b*) Sintaxis vs semántica **III:** Programa como un conjunto de oraciones significativas no ambiguas **IV:** Abstracciones básicas de programación: constantes, variables, declaraciones (incluyendo declaraciones anidadas), comando, expresión, asignación, selección, iteración definida e indefinida, iteradores, función, procedimiento, módulos, manejo de excepciones **V:** Tipos de variables: estáticas, locales, no locales (*nonlocal*), globales; necesidad y problemas con variables no locales y globales. **VI:** Reglas de ámbito (*scope*): estático vs dinámico; visibilidad de variables; efectos secundarios (*side-effects*). **VII:** Entorno (*environment*) vs almacén (*store*) y sus propiedades **VIII:** Abstracción de datos y de control **IX:** Mecanismos para intercambio de información entre unidades de programa como procedimientos, funciones y módulos: variables no locales, variables globales, paso de parámetros, importación-exportación entre módulos **X:** Representación de instrucciones de bajo nivel como instrucciones de máquina virtual, lenguaje ensamblador y representación binaria

Objetivos de Aprendizaje **I:** Ilustrar el ámbito de variables y visibilidad usando programas simples [Aplicar] **II:** Ilustrar diferentes tipos de paso de parámetros usando un lenguaje de programación pseudo simple [Aplicar] **III:** Explicar el efecto secundario usando variables globales y no locales y cómo corregir tales programas [Explicar] **IV:** Explicar cómo los programas que procesan otros programas tratan a los otros programas como sus datos de entrada [Explicar] **V:** Describir una gramática y un árbol de sintaxis abstracta para un lenguaje pequeño [Describir]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.6 Fundamentos de Criptografía, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Basic concepts on Cryptography **II:** Public-keys, Private-keys

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el papel de la criptografía en el soporte de la seguridad y la privacidad [Explicar] **II:** Discutir los riesgos de inventar los propios métodos criptográficos [Debatir] **III:** Discutir la importancia de los números primos en criptografía y explicar su

uso en algoritmos criptográficos [Debatir] **IV:** Implementar y criptoanalizar cifrados clásicos [Implementar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.7 Gestión de Memoria, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Revisión de memoria física, traducción de direcciones y hardware de gestión de memoria. Ver también: Jerarquía de Memoria, Matemáticas Discretas **II:** Impacto de la jerarquía de memoria incluyendo concepto de caché, búsqueda en caché y almacenamiento en caché por CPU en mecanismos y políticas del sistema operativo Ver también: Jerarquía de Memoria, Latencia, Caché y Jerarquía de Memoria, Virtualización y Aislamiento **III:** Direccionamiento lógico y físico, virtualización de espacio de direcciones. Ver también: Jerarquía de Memoria, Matemáticas Discretas **IV:** Conceptos de paginación, reemplazo de páginas, trashing y asignación de páginas y marcos **V:** Técnicas de asignación/desasignación/almacenamiento (algoritmos y estructura de datos) rendimiento y flexibilidad *a*) Arenas, asignadores de losas (slab allocators), listas libres, clases de tamaño, páginas de tamaño heterogéneo (páginas enormes) **VI:** Almacenamiento en caché de memoria y coherencia de caché y el efecto de vaciar la caché para evitar vulnerabilidades de ejecución especulativaVer también: Organización Funcional, Jerarquía de Memoria, Latencia, Caché y Jerarquía de Memoria, Virtualización y Aislamiento) **VII:** Memoria virtual: aprovechando el hardware de memoria virtual para servicios del SO y eficiencia

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar jerarquía de memoria y compensaciones costo-rendimiento [Explicar] **II:** Resumir los principios de memoria virtual aplicados a almacenamiento en caché y paginación [Resumir] **III:** Evaluar las compensaciones en términos de tamaño de memoria (memoria principal, memoria caché, memoria auxiliar) y velocidad del procesador [Evaluar] **IV:** Describir la razón y el uso de la memoria caché (rendimiento y proximidad, cómo las cachés complican el aislamiento y la abstracción de máquina virtual) [Describir]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.8 Rol y Propósito de los Sistemas Operativos, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Los sistemas operativos median entre el hardware de propósito general y el software específico de la aplicación. **II:** Funciones universales del sistema operativo (por ejemplo, proceso, interfaces de usuario y dispositivos, persistencia de datos) **III:** Influencias de seguridad, redes, multimedia, computación paralela y distribuida

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comprender los objetivos y funciones de los sistemas operativos modernos [Explicar] **II:** Evaluar los problemas de diseño en diferentes escenarios de uso (por ejemplo, sistema operativo en tiempo real, móvil, servidor) [Evaluar] **III:** Comprender cómo la evolución y la estabilidad son deseables y mutuamente antagónicas en las funciones del sistema operativo [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.9 Principios del Sistema Operativo, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Diseño y enfoques de software del sistema operativo (por ejemplo, monolítico, en capas, modular, micro-kernel, unikernel) **II:** Abstracciones, procesos y recursos **III:** La evolución del vínculo entre la arquitectura del hardware y las funciones del sistema operativo **IV:** Aprovechamiento de interrupciones desde el nivel de hardware: rutinas de servicio e implementaciones. Ver también: Organización de Máquina a Nivel de Ensamblador *a*) Interrupciones de temporizador

para implementar segmentos de tiempo *b*) Interrupciones de E/S para poner hilos bloqueados en espera sin sondeo

Objetivos de Aprendizaje I: Comprender cómo la aplicación de enfoques de diseño de software al diseño/implementación de sistemas operativos (por ejemplo, en capas, modular, etc.) afecta la robustez y mantenibilidad de un sistema operativo [Explicar] **II:** Categorizar llamadas al sistema por propósito [Categorizar] **III:** Aplicar técnicas de SO para aislamiento, protección y rendimiento a través de las funciones del SO (por ejemplo, similitudes de inanición en planificación de procesos, planificación de solicitudes de disco, semáforos, etc.) y más allá [Aplicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.10 Fundamentos de Redes y Comunicaciones, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Importancia de las redes en la informática contemporánea, y desafíos asociados. Ver también: Equidad Digital y Accesibilidad, Impacto Social e IA, Libertades Civiles y Expresión, Datos, Vigilancia y Tecnología de Privacidad, Fundamentos Filosóficos y Legislación de Privacidad **II:** Organización de Internet (por ejemplo, usuarios, Proveedores de Servicios de Internet, sistemas autónomos, proveedores de contenido, redes de entrega de contenido) **III:** Capas y sus roles (aplicación, transporte, red, enlace de datos y física) **IV:** Elementos de red (por ejemplo, routers, switches, hubs, puntos de acceso y hosts) **V:** Conceptos básicos de colas (por ejemplo, relación con latencia, congestión, niveles de servicio, etc.)

Objetivos de Aprendizaje I: Articular la organización de Internet [Articular] **II:** Listar y definir la terminología de red apropiada [Listar/Enumerar] **III:** Describir la estructura en capas de una arquitectura de red típica [Describir]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.11 Aplicaciones en Red, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Esquemas de denominación y direccionamiento (por ejemplo, DNS e Identificadores Uniformes de Recursos) **II:** Paradigmas de aplicaciones distribuidas (por ejemplo, cliente/servidor, peer-to-peer, nube, edge y fog). Ver también: Comunicación, Coordinación **III:** Diversidad de demandas de aplicaciones en red (por ejemplo, latencia, ancho de banda y tolerancia a pérdidas). Ver también: Comunicación, Diseño Sostenible y Computación Ubicua, Huella Ambiental de los Sistemas Informáticos, Efectos Sistémicos y Contexto Social, Equidad Digital y Accesibilidad, Impacto Social e IA **IV:** Cobertura de protocolos de capa de aplicación (por ejemplo, HTTP) **V:** Interacciones con APIs de TCP, UDP y Socket. Ver también: Programas: Distribución, Programas: Propiedades de Ejecución, Programación GPU, Programas: Mapeos de Implementación, Programas: Paralelismo Declarativo, Programas: Inicio de Actividades

Objetivos de Aprendizaje I: Definir los principios de denominación, direccionamiento y localización de recursos [Definir] **II:** Analizar las necesidades de demandas específicas de aplicaciones en red [Analizar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.12 Marco de Análisis de Complejidad, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Marco de Análisis de Complejidad: *a*) Rendimiento de un algoritmo en el mejor caso, caso promedio y peor caso *b*) Mediciones empíricas y relativas (Orden de Crecimiento) *c*) Tamaño de entrada y operaciones primitivas *d*) Eficiencia de tiempo y espacio **II:** Mediciones empíricas de rendimiento **III:** Compromisos tiempo-espacio en algoritmos

Objetivos de Aprendizaje I: Preparar una presentación que explique a estudiantes de primer año los conceptos básicos de complejidad algorítmica incluyendo comportamiento de algoritmo en mejor caso, caso promedio y peor caso, notaciones Big-O, Omega y Theta, clases de complejidad, compromisos tiempo-espacio, medición empírica e impacto en problemas prácticos [Explicar] **II:** Para cada algoritmo en la unidad Estructuras de Datos Fundamentales, Algoritmos Fundamentales, Algoritmos Avanzados, explicar su clase de complejidad de tiempo de ejecución y por qué pertenece a esta clase [Explicar] **III:** Evaluar informalmente la clase de complejidad fundamental de algoritmos simples [Evaluar] **IV:** Desarrollar estudios empíricos para determinar y validar hipótesis sobre la complejidad de tiempo de ejecución de varios algoritmos ejecutando algoritmos con entradas de varios tamaños y comparando el rendimiento real con el análisis teórico [Crear] **V:** Explicar ejemplos que ilustren los compromisos tiempo-espacio de algoritmos [Explicar] **VI:** Explicar cómo el balance del árbol afecta la eficiencia de las operaciones de árbol de búsqueda binaria [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.13 Notación Asintótica y Clases de Complejidad, 1 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Análisis de complejidad asintótica (cotas promedio y peor caso): *a*) Notaciones formales Big-O, Big-Omega y Big-Theta *b*) Clases de Complejidad Fundamentales y Ejemplos/Problemas Representativos: 1) $O(1)$ Constante (por ejemplo, acceso a arreglo) 2) $O(\log_2 n)$ Logarítmica (por ejemplo, búsqueda binaria) 3) $O(n)$ Lineal (por ejemplo, búsqueda lineal) 4) $O(n \log_2 n)$ Log Lineal (por ejemplo, mergesort) 5) $O(n^2)$ Cuadrática (por ejemplo, ordenamiento por selección) 6) $O(n^c)$ Polinomial (por ejemplo, $O(n^3)$ eliminación gaussiana) 7) $O(2^n)$ Exponencial (por ejemplo, Mochila, Satisfactibilidad (SAT), Viajante de Comercio (TSP), todos los subconjuntos) 8) $O(n!)$ Factorial (por ejemplo, circuito hamiltoniano, todas las permutaciones)

Objetivos de Aprendizaje I: Usando ejemplos, explicar cada una de las clases de complejidad fundamentales en esta unidad [Explicar] **II:** Para cada clase de complejidad fundamental en esta unidad, explicar un algoritmo que demuestre la complejidad de tiempo de ejecución asociada [Explicar] **III:** Explicar a una audiencia no técnica la importancia de los algoritmos tratables versus intratables usando una explicación intuitiva de la complejidad Big-O [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.14 Análisis de Complejidad: Recursión, Amortización y Cotas Ajustadas, 1 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Notaciones Little-o, Little-Omega y Little Theta

Objetivos de Aprendizaje I: Dado un problema para programar para el cual puede haber varios enfoques algorítmicos, evaluarlos y determinar cuáles son factibles, y seleccionar uno que sea óptimo en implementación y comportamiento de tiempo de ejecución [Evaluar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.15 Estructuras de Datos Fundamentales, 3 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Tipo de Dato Abstracto (ADT) y operaciones sobre un ADT: *a*) Operaciones de diccionario (insertar, eliminar, encontrar) **II:** Arreglos: *a*) Numéricos vs no numéricos, cadenas de caracteres *b*) Unidimensionales (vector) vs multidimensionales (matriz) **III:** Registros/Estructuras/Tuplas y Objetos **IV:** Listas enlazadas (por razones históricas): *a*) Simples vs Dobles y Lineales vs Circulares **V:** Pilas **VI:** Colas y deques: *a*) Cola de prioridad basada en montículo **VII:** Tablas/mapas hash: *a*) Resolución de colisiones y complejidad (por ejemplo,

sondeo, encadenamiento, rehash) **VIII:** árboles: *a*) Binarios, n-arios y árboles de búsqueda *b*) Balanceados (por ejemplo, AVL, Rojo-Negro, Montículo)

Objetivos de Aprendizaje I: Para cada ADT/Estructura de Datos en esta unidad: *a*) Explicar su definición, propiedades, representación(es) y operaciones de ADT asociadas. *b*) Explicar paso a paso cómo las operaciones de ADT asociadas con la estructura de datos la transforman. [Explicar] **II:** Explicar cómo se maneja la evitación de colisiones y la resolución de colisiones en tablas hash [Explicar] **III:** Explicar la propiedad de montículo y el uso de montículos como una implementación de una cola de prioridad [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.16 Algoritmos Fundamentales, 3 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Grafos (por ejemplo, [no]dirigidos, [a]cíclicos, [no]conexos y [no]ponderados): *a*) Representación de grafos: lista de adyacencia vs matriz **II:** Algoritmos de búsqueda: *a*) Complejidad $O(n)$ (por ejemplo, búsqueda lineal/secuencial en arreglo/lista) *b*) Complejidad $O(\log_2 n)$ (por ejemplo, búsqueda binaria) *c*) Complejidad $O(\log_b n)$ (por ejemplo, búsqueda en árbol no informada en profundidad/amplitud) **III:** Algoritmos de ordenamiento (por ejemplo, estables, inestables): *a*) Complejidad $O(n^2)$ (por ejemplo, inserción, selección) *b*) Complejidad $O(n \log n)$ (por ejemplo, quicksort, merge, timesort) **IV:** Algoritmos de grafos: *a*) Camino más corto (por ejemplo, Dijkstra, Floyd) *b*) árbol de expansión mínima (por ejemplo, Prim, Kruskal) **V:** Algoritmos de ordenamiento: *a*) Complejidad $O(n \log n)$ heapsort *b*) Pseudo $O(n)$ complejidad (por ejemplo, bucket, counting, radix) **VI:** Algoritmos de grafos: *a*) Clausura transitiva (por ejemplo, Warshall) *b*) Ordenamiento topológico

Objetivos de Aprendizaje I: Para cada algoritmo en esta unidad explicar paso a paso cómo opera el algoritmo [Explicar] **II:** Para cada enfoque algorítmico (por ejemplo, ordenamiento) en esta unidad aplicar un ejemplo prototípico del enfoque (por ejemplo, ordenamiento por mezcla) [Aplicar] **III:** Dados los requisitos para un problema, desarrollar múltiples soluciones usando varias estructuras de datos y algoritmos. Posteriormente, evaluar la idoneidad, fortalezas y debilidades seleccionando un enfoque que satisfaga mejor los requisitos [Crear] **IV:** Explicar factores más allá de la eficiencia computacional que influyen en la elección de algoritmos, como el tiempo de programación, la mantenibilidad y el uso de patrones específicos de la aplicación en los datos de entrada [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.17 Algoritmos Avanzados, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Algoritmos de criptografía (por ejemplo, SHA-256) **II:** Algoritmos paralelos

Objetivos de Aprendizaje I: Una apreciación de la computación cuántica y su aplicación a ciertos problemas [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.18 Conceptos Fundamentales de Sistemas de Bases de Datos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Propósito y ventajas de los sistemas de bases de datos **II:** Componentes de los sistemas de bases de datos **III:** Diseño de funciones fundamentales de DBMS (por ejemplo, mecanismos de consulta, gestión de transacciones, gestión de búfer, métodos de acceso) **IV:** Gestión de transacciones **V:** Normalización **VI:** Enfoques para gestionar grandes volúmenes de datos (por ejemplo, sistemas de bases de datos NoSQL, uso de MapReduce) **VII:** Bases de datos distribuidas/sistemas basados en la nube **VIII:** Uso de un lenguaje de consulta declarativo

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar al menos cuatro ventajas que proporciona el uso de un sistema de base de datos [Analizar] **II:** Enumerar los componentes de un sistema de base de datos (relacional) [Enumerar] **III:** Defender el valor de la independencia de datos [Defender] **IV:** Componer una consulta simple de selección-proyección-unión en SQL [Componer] **V:** Describir las ventajas de eliminar datos duplicados repetidos [Describir] **VI:** Esbozar cómo MapReduce usa paralelismo para procesar datos eficientemente [Esquematizar/Esbozar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.19 Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Programación imperativa como subconjunto de la programación orientada a objetos. **II:** Diseño orientado a objetos: *a*) Descomposición en objetos que poseen estado y tienen comportamiento. *b*) Diseño de jerarquía de clases para modelado. **III:** Definición de clases: campos, métodos y constructores. **IV:** Subclases, herencia (incluyendo herencia múltiple) y sobrescritura de métodos. **V:** Despacho dinámico: definición de llamada a método. **VI:** Idiomas orientados a objetos para encapsulación: *a*) Privacidad, ocultación de datos y visibilidad de miembros de clase. *b*) Interfaces que revelan solo firmas de métodos. *c*) Clases base abstractas, rasgos (*traits*) y mixins.

Objetivos de Aprendizaje I: Enumerar las diferencias entre los paradigmas de programación imperativa y orientada a objetos [Enumerar] **II:** Componer una clase a través del diseño, implementación y prueba para cumplir con los requisitos de comportamiento [Componer] **III:** Usar mecanismos de encapsulación orientados a objetos como interfaces y miembros privados [Usar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.20 Control de Versiones y CI/CD, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Gestión de configuración de software y control de versiones: Prácticas de Desarrollo de Software *a*) Configuración en control de versiones, builds/configuración reproducibles. *b*) Estrategias de ramificación en control de versiones. Ramas de desarrollo vs ramas de lanzamiento. Desarrollo basado en tronco (*trunk-based development*). *c*) Estrategias de fusión/rebase, cuando sean relevantes. **II:** Gestión de lanzamientos (*release management*). **III:** Automatización de procesos de software: *a*) Sistemas de construcción (*build systems*): el valor de builds rápidos, herméticos y reproducibles, comparar/contrastar enfoques para construir un proyecto. *b*) Integración Continua (CI): el uso de automatización y pruebas automatizadas para hacer una validación preliminar de que la revisión actual del tronco se construye y pasa las pruebas (básicas). *c*) Despliegue Continuo (CD): el uso de automatización para liberar de forma automática cada cambio que supera las pruebas hacia el entorno de producción, garantizando entregas frecuentes y confiables. *d*) Gestión de dependencias: actualización de dependencias externas/aguas arriba, gestión de paquetes, SemVer. **IV:** Conceptos y mecanismos de integración de herramientas. Prácticas de Desarrollo de Software **V:** Uso de las facilidades de un IDE moderno: depuración, refactorización, búsqueda/indexación, asistentes de código basados en ML, etc. Prácticas de Desarrollo de Software

Objetivos de Aprendizaje I: Describir la diferencia entre la gestión de configuración de software centralizada y distribuida [Describir] **II:** Describir cómo el control de versiones puede usarse para ayudar en la gestión de lanzamientos de software [Describir] **III:** Identificar elementos de configuración y usar una herramienta de control de código fuente en un proyecto pequeño basado en equipo [Analizar] **IV:** Comprender el uso de sistemas de CI/CD como una fuente de verdad para el estado del código compartido del equipo (éxito en la construcción y pruebas) [Explicar] **V:** Demostrar la capacidad de usar herramientas de software para apoyar el desarrollo de un producto de software de tamaño mediano [Demostrar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.21 Ingeniería de Requisitos, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Describir requisitos funcionales usando, por ejemplo, casos de uso o historias de usuario. *a*) Usar al menos un método para documentar y estructurar requisitos funcionales. *b*) Comprender cómo el método apoya el diseño y la implementación. *c*) Fortalezas y debilidades de usar un enfoque específico. **II:** Obtención (*elicitation*) de requisitos. *a*) Fuentes de requisitos, por ejemplo, usuarios, administradores o personal de soporte. *b*) Métodos de recopilación de requisitos, por ejemplo, encuestas, entrevistas o análisis de comportamiento. **III:** Requisitos no funcionales, por ejemplo, seguridad, usabilidad o rendimiento, también llamados Atributos de Calidad. Diseño Sostenible y Computación Ubicua, Huella Ambiental de los Sistemas Informáticos, Efectos Sistémicos y Contexto Social **IV:** Identificación y gestión de riesgos, incluyendo consideraciones éticas en torno al producto propuesto. Códigos de Ética y Responsabilidad Legal, Responsabilidad Profesional y Política Pública, Valores, Naturaleza y Actualización Profesional, Disidencia Ética y Contexto Cultural, Ética en el Lugar de Trabajo **V:** Comunicar y/o formalizar especificaciones de requisitos. **VI:** Prototipado de una herramienta tanto para obtener como para validar/confirmar requisitos. **VII:** Evolución del producto: cuando cambian los requisitos, cómo entender qué efecto tiene eso y qué cambios deben realizarse. **VIII:** Estimación de esfuerzo: *a*) Aprender técnicas para estimar mejor el esfuerzo requerido para completar una tarea; *b*) Practicar la estimación y compararla con cuánto tiempo toman las tareas; *c*) La estimación de esfuerzo es bastante difícil, por lo que es probable que los estudiantes se equivoquen en muchos casos, pero ver el proceso desarrollarse con su propio trabajo es valioso.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar diferentes métodos de obtención de requisitos a lo largo de múltiples ejes [Comparar] **II:** Identificar diferencias entre dos métodos de describir requisitos funcionales (por ejemplo, entrevistas con clientes, estudios de usuarios) y las situaciones donde se preferiría cada uno [Analizar] **III:** Identificar qué comportamientos son requeridos, permitidos o prohibidos a partir de un conjunto dado de requisitos y una lista de comportamientos candidatos [Analizar] **IV:** Recopilar un conjunto de requisitos para un sistema de software simple [Analizar] **V:** Identificar áreas de un sistema de software que deben cambiarse, dada una descripción del sistema y un conjunto de nuevos requisitos a implementar [Analizar] **VI:** Identificar los requisitos funcionales y no funcionales en un conjunto de requisitos [Analizar] **VII:** Estimar el tiempo para completar un conjunto de tareas, luego comparar las estimaciones con el tiempo real tomado [Estimar] **VIII:** Determinar una secuencia de implementación para un conjunto de tareas, respetando las dependencias entre ellas, con el objetivo de retirar el riesgo lo antes posible [Determinar] **IX:** Escribir una especificación de requisitos para un sistema de software simple [Escribir]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.22 Fundamentos de Aprendizaje Automático, 1 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: **I:** Definición y ejemplos de una amplia variedad de tareas de aprendizaje automático: *a*) Aprendizaje supervisado: 1) Clasificación 2) Regresión *b*) Aprendizaje por refuerzo *c*) Aprendizaje no supervisado: 1) Agrupamiento **II:** Ideas fundamentales: *a*) Teorema de no hay almuerzo gratis: ningún aprendiz puede resolver todos los problemas; las decisiones de diseño de representación tienen consecuencias. *b*) Fuentes de error e indecidibilidad en el aprendizaje automático **III:** Un aprendizaje supervisado simple basado en estadísticas como regresión lineal o árboles de decisión: *a*) Enfocarse en cómo funcionan sin entrar en detalles matemáticos o de optimización; suficiente para entender y usar implementaciones existentes correctamente

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las diferencias entre los tres estilos principales de aprendizaje (supervisado, por refuerzo y no supervisado) y determinar cuál es apropiado para un dominio de problema particular [Explicar] **II:** Diferenciar los términos: IA, aprendizaje automático y aprendizaje profundo [Evaluar] **III:** Explicar cómo funciona el aprendizaje automático como un proceso de optimización/búsqueda [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.23 Redes Neuronales y Ética, 1 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Redes neuronales básicas: *a*) Fundamentos de comprensión de cómo funcionan las redes neuronales y su proceso de entrenamiento, sin detalles de los cálculos *b*) Introducción básica a redes neuronales generativas (por ejemplo, modelos de lenguaje grandes) **II:** ética para el Aprendizaje Automático: *a*) Enfocarse en datos reales, escenarios reales y estudios de caso *b*) Sesgo de conjunto de datos/algorítmico/de evaluación y consecuencias no deseadas **III:** Aprendizaje profundo: *a*) Redes feed-forward profundas (solo intuición, sin matemáticas) *b*) Redes neuronales convolucionales (solo intuición, sin matemáticas) *c*) Visualización de representaciones de características aprendidas de redes profundas *d*) Otras arquitecturas (NN generativas, NN recurrentes, transformers, etc.) **IV:** ética para el Aprendizaje Automático: *a*) Continuar enfocándose en datos reales, escenarios reales y estudios de caso *b*) Privacidad *c*) Equidad *d*) Propiedad intelectual *e*) Explicabilidad

Objetivos de Aprendizaje I: Describir el proceso de entrenamiento de redes neuronales y las representaciones aprendidas resultantes [Explicar] **II:** Visualizar el progreso del entrenamiento de una red neuronal a través de curvas de aprendizaje en un kit de herramientas establecido (por ejemplo, TensorBoard) y visualizar las características aprendidas de la red [Aplicar] **III:** Dada una aplicación real de aprendizaje automático, describir problemas éticos respecto a las elecciones de datos, pasos de preprocesamiento, selección de algoritmo y visualización/presentación de resultados [Aplicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.24 Conceptos Fundamentales de Gráficos y Técnicas Interactivas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Descripción general del pipeline de gráficos por computadora y sistemas interactivos **II:** Conceptos básicos de renderizado: rasterización, trazado de rayos (*ray tracing*), modelos de sombreado **III:** Teoría del color y espacios de color **IV:** Sistemas de coordenadas y transformaciones **V:** Técnicas básicas de interacción: dispositivos de entrada, manejo de eventos **VI:** Conceptos avanzados de renderizado: iluminación global (*global illumination*), renderizado basado en física **VII:** Hardware gráfico y técnicas de aceleración **VIII:** Percepción humana y cognición visual

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las etapas básicas del pipeline de gráficos por computadora [Explicar] **II:** Describir técnicas básicas de renderizado como rasterización y trazado de rayos [Describir] **III:** Aplicar teoría del color para diseñar gráficos visualmente efectivos [Aplicar] **IV:** Implementar transformaciones de coordenadas para gráficos 2D y 3D [Implementar] **V:** Diseñar aplicaciones interactivas básicas utilizando dispositivos de entrada comunes y manejo de eventos [Diseñar] **VI:** Comparar técnicas avanzadas de renderizado como iluminación global y renderizado basado en física [Comparar] **VII:** Analizar el rol del hardware gráfico en acelerar tareas de renderizado [Analizar] **VIII:** Explicar cómo la percepción humana influye en el diseño de gráficos e interacción [Explicar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.25 Renderizado Aplicado y Técnicas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Trazado de rayos (*ray tracing*): estructuras de aceleración, muestreo (*sampling*), sombreado **II:** Mapeo de texturas (*texture mapping*) y filtrado

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de rasterización para renderizado de primitivas [Implementar] **II:** Implementar trazado de rayos básico con estructuras de aceleración [Implementar]

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

5.26 Clase de cierre: ¿Cómo funciona un motor de búsqueda como Google?, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4,ABET-7

Tópicos: I: Análisis del problema. **II:** El índice no crece linealmente con el tamaño de la información indexada. **III:** El tiempo de respuesta no depende del tamaño de la "base de datos". **IV:** El tiempo de respuesta no depende del número de ocurrencias encontradas. **V:** Combinar varias estructuras de datos para llegar a una solución. **VI:** Analizar la escalabilidad de la solución.

Objetivos de Aprendizaje I: Comprender los principios bajo los cuales se crea un motor de búsqueda [Usar] **II:** Aplicar correctamente estructuras de datos para resolver el problema [Usar] **III:** Aplicar conceptos relacionados con la complejidad algorítmica en un motor de búsqueda [Usar].

Bibliografía: [Brookshear and Brylow, 2019]

6. Bibliografía

[Brookshear and Brylow, 2019] Brookshear, J. G. and Brylow, D. (2019). *Computer Science: An Overview*. Pearson, global edition edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

AI161 IA Aplicada (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem-Pág 296)

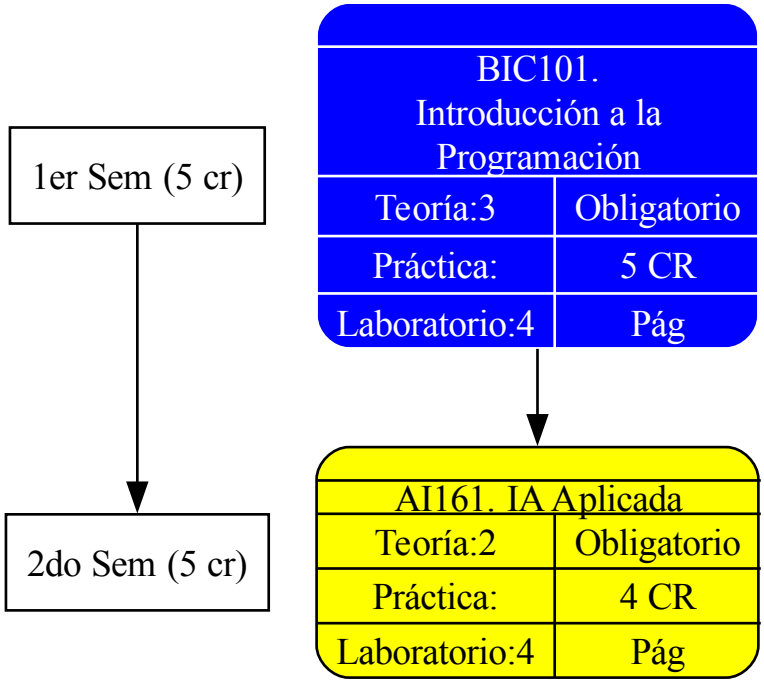


Figura 7.10: Mapa de Conexión. AI161 IA Aplicada

2. Fundamentación

Este curso proporciona una introducción práctica a la Inteligencia Artificial (IA) para estudiantes de todas las disciplinas científicas y de ingeniería. Centrado en desarrollar alfabetización en IA y habilidades prácticas, cubre conceptos fundamentales, herramientas modernas de IA (incluyendo plataformas occidentales y chinas), y uso responsable. Los estudiantes aprenderán a interactuar efectivamente con diversos sistemas de IA, escribir prompts de calidad y aplicar soluciones de IA a problemas en diversos dominios, comprendiendo las implicaciones éticas y contextos culturales del despliegue de IA.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar alfabetización integral en IA comprendiendo conceptos fundamentales, capacidades y limitaciones de los sistemas modernos de IA en diferentes plataformas y culturas.

- Dominar técnicas efectivas de ingeniería de prompts y patrones de interacción con diversas herramientas de IA (Occidentales: ChatGPT, Claude, Gemini; Chinas: DeepSeek, Kimi, ERNIE).
- Aplicar diversas herramientas de IA para resolver problemas prácticos en contextos científicos, de ingeniería y académicos, manteniendo evaluación crítica de los resultados entre plataformas.
- Comprender consideraciones éticas, sesgos, contextos culturales y uso responsable de tecnologías de IA en entornos profesionales y académicos globales.
- Desarrollar flujos de trabajo que integren múltiples herramientas de IA para mejorar la productividad y capacidades de resolución de problemas, comprendiendo fortalezas y especializaciones regionales.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Fundamentos de IA y Panorama Global, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4

Tópicos: I: ¿Qué es la IA? Definiciones, historia y panorama global actual. **II:** Tipos de sistemas de IA: chatbots, generadores de imágenes, asistentes de investigación entre regiones. **III:** Ecosistemas occidentales de IA: OpenAI, Anthropic, Google, Microsoft. **IV:** Ecosistemas chinos de IA: DeepSeek, Kimi, ERNIE, Zhipu AI, Baidu. **V:** Capacidades y limitaciones de la IA: análisis comparativo entre plataformas. **VI:** Alfabetización digital en la era de la IA: pensamiento crítico sobre diversos resultados de IA.

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar conocimientos fundamentales de IA para identificar tipos de sistemas y sus capacidades [Usar]. **II:** Analizar sistemas inteligentes globales y sus características distintivas [Evaluar]. **III:** Evaluar críticamente los resultados de IA en diferentes contextos culturales [Evaluar].

Bibliografía: [Ng, 2019, Mollick and Mollick, 2024, UNESCO, 2023, Institute, 2024]

5.2 Interacción Efectiva con IA e Ingeniería de Prompts Multiplataforma, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4

Tópicos: I: Principios de escritura efectiva de prompts: claridad, contexto, restricciones entre plataformas. **II:** Patrones de prompts: persona, plantilla, cadena de pensamiento, few-shot para diferentes sistemas de IA. **III:** Herramientas occidentales: técnicas específicas para ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot. **IV:** Herramientas chinas: características específicas y mejores prácticas para DeepSeek, Kimi, ERNIE. **V:** Estrategias multiplataforma: aprovechar diferentes fortalezas de IA para tareas complejas. **VI:** Refinamiento iterativo: cómo mejorar prompts basándose en resultados de diversos sistemas. **VII:** Sesiones prácticas: talleres comparativos de escritura de prompts entre plataformas.

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar soluciones de prompts efectivas para diversos sistemas de IA [Evaluar]. **II:** Desarrollar flujos de trabajo multiplataforma que integren diferentes herramientas de IA [Usar]. **III:** Implementar estrategias de refinamiento iterativo para optimizar resultados de IA [Usar].

Bibliografía: [White et al., 2023, Prompt Engineering Institute, 2024, Microsoft, 2024, DeepSeek, 2024]

5.3 Aplicaciones de IA entre Disciplinas y Plataformas, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4

Tópicos: **I:** IA para investigación: revisión de literatura, análisis de datos usando múltiples asistentes de IA. **II:** IA para escritura: documentos académicos, informes con verificación multiplataforma. **III:** IA para resolución de problemas: cálculos científicos, diseño de ingeniería con herramientas especializadas. **IV:** IA para creatividad: lluvia de ideas, desarrollo de conceptos entre contextos culturales. **V:** Fortalezas específicas por plataforma: cuándo usar herramientas de IA occidentales vs. chinas. **VI:** Talleres disciplinares: aplicaciones personalizadas usando diversos ecosistemas de IA. **VII:** Estudios de caso: aplicaciones en el mundo real en investigación científica entre regiones.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar fundamentos de IA para resolver problemas específicos de cada disciplina [Usar]. **II:** Diseñar soluciones que integren múltiples sistemas inteligentes para tareas complejas [Evaluar]. **III:** Desarrollar aplicaciones prácticas usando herramientas de IA occidentales y chinas [Usar]. **IV:** Implementar flujos de trabajo que aprovechen fortalezas específicas de cada plataforma [Evaluar].

Bibliografía: [Mollick, 2023, Google, 2024, Cloud, 2024, OpenAI, 2024]

5.4 Ética Global en IA y Uso Responsable, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-4

Tópicos: **I:** Comprensión de sesgos en IA: perspectivas culturales occidentales y orientales. **II:** Marcos éticos: comparando la Ley de IA de la UE, regulaciones chinas y estándares globales. **III:** Integridad académica: citación apropiada y uso de IA en trabajos académicos entre plataformas. **IV:** Privacidad y seguridad de datos: diferencias regionales en el manejo de datos de IA. **V:** Sensibilidad cultural: navegando resultados de IA en contextos globales. **VI:** Impacto ambiental: consideraciones de sostenibilidad de diferentes sistemas de IA. **VII:** Desarrollo de pautas personales para el uso ético de IA en entornos internacionales. **VIII:** Estudios de caso: dilemas éticos en el despliegue de IA entre regiones.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Demostrar responsabilidad profesional en el uso de tecnologías de IA [Evaluar]. **II:** Aplicar principios éticos profesionales en contextos globales de IA [Usar]. **III:** Desarrollar pautas éticas para mitigar sesgos en sistemas de IA [Evaluar]. **IV:** Evaluar implicaciones éticas del despliegue de IA en diferentes culturas [Usar].

Bibliografía: [UNESCO, 2023, Union, 2024, Bender et al., 2021, of Cyberspace Studies, 2024, Tencent AI Lab, 2023]

6. Bibliografía

[Bender et al., 2021] Bender, E. M., Gebru, T., et al. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? *FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. Foundational paper on AI ethics with ongoing relevance.

[Cloud, 2024] Cloud, A. (2024). AI Ethics and best practices in chinese context. Chinese perspective on AI ethics and implementation guidelines.

[DeepSeek, 2024] DeepSeek (2024). Deepseek model documentation and best practices. Official documentation for DeepSeek AI models and usage guidelines.

[Google, 2024] Google (2024). Introduction to responsible ai. Google's updated framework for responsible AI development and use.

[Institute, 2024] Institute, T. R. (2024). Ai development in china: Current status and future trends. Technical report, Tencent Research Institute. Comprehensive analysis of Chinese AI ecosystem development.

[Microsoft, 2024] Microsoft (2024). Prompt crafting for ai systems. Official Microsoft prompt engineering guidance updated for 2024.

[Mollick, 2023] Mollick, E. (2023). Chatgpt and how ai disrupts industries. *Harvard Business Review*. Analysis of AI's practical impact across global sectors.

[Mollick and Mollick, 2024] Mollick, E. and Mollick, L. (2024). *Co-Intelligence: Living and Working with AI*. Penguin Random House. Practical guide to human-AI collaboration.

[Ng, 2019] Ng, A. (2019). AI for everyone. Technical report, DeepLearning.AI. Continuously updated online course, available on Coursera.

[of Cyberspace Studies, 2024] of Cyberspace Studies, C. A. (2024). Ai governance and ethics in china. Technical report, Cyberspace Administration of China. Official Chinese perspective on AI governance and ethical standards.

[OpenAI, 2024] OpenAI (2024). Best practices for prompt engineering. Updated official prompt engineering guidelines from OpenAI.

[Prompt Engineering Institute, 2024] Prompt Engineering Institute (2024). Prompt engineering guide. `https://www.promptingguide.ai/`. Recurso integral de ingeniería de prompts actualizado continuamente. Accedido: 15 de enero de 2024.

[Tencent AI Lab, 2023] Tencent AI Lab (2023). Responsible ai practices in chinese tech industry. Technical report, Tencent AI Lab. Industry perspective on AI ethics from leading Chinese tech company.

[UNESCO, 2023] UNESCO (2023). AI and education: Guidance for policy-makers. Technical report, UNESCO. Latest guidance on AI literacy and ethical implementation in education.

[Union, 2024] Union, E. (2024). AI Act: Regulatory framework. Technical report, European Commission. Comprehensive AI regulation framework effective 2024.

[White et al., 2023] White, J. et al. (2023). A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with chatgpt. Peer-reviewed research on prompt engineering patterns.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

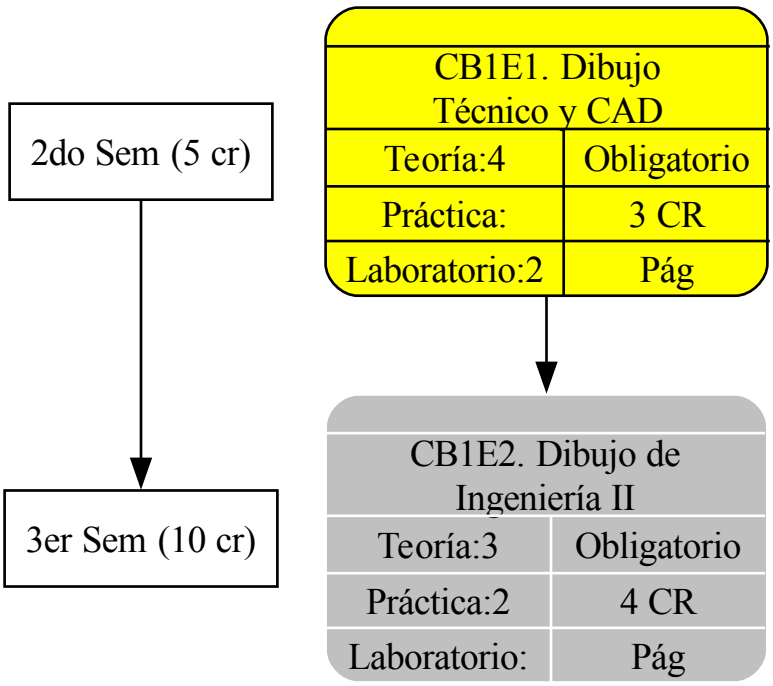


Figura 7.11: Mapa de Conexión. CB1E1 Dibujo Técnico y CAD

2. Fundamentación

El Dibujo Técnico y CAD es un curso fundamental para los estudiantes de ingeniería, ya que proporciona el lenguaje gráfico necesario para comunicar proyectos técnicos. El dominio de la geometría descriptiva, las normas de dibujo y las herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) permite al estudiante representar con precisión técnica objetos tridimensionales en un plano bidimensional, una habilidad esencial para el diseño, ejecución y supervisión de proyectos de ingeniería. El curso concluye con una aplicación a los planos de ingeniería civil, cubriendo los símbolos y convenciones utilizados en planos de cimentaciones y estructuras básicas.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar las normas de dibujo técnico nacional e internacional para la elaboración de planos de ingeniería.
- Desarrollar la capacidad de visualización espacial mediante el estudio de proyecciones y geometría descriptiva.

- Utilizar herramientas modernas de software CAD para la creación de modelos geométricos y documentación técnica de proyectos.
- Aplicar las convenciones de dibujo de ingeniería a planos de ingeniería civil, incluyendo cimentaciones y estructuras básicas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos del Dibujo Técnico e Instrumentación, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Historia e importancia del dibujo técnico en la ingeniería **II:** Instrumentos de dibujo y escalas gráficas **III:** Formatos de papel, rotulado y tipos de línea según normas técnicas **IV:** Construcciones geométricas básicas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Utilizar correctamente los instrumentos de dibujo técnico respetando la normativa de trazo [Familiarizarse] **II:** Aplicar escalas adecuadas para la representación de elementos físicos en planos [Usar]

Bibliografía: [Luzadder and Duff, 1993, Jensen et al., 2007]

5.2 Geometría Descriptiva y Proyecciones, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Sistema de proyecciones ortogonales: primer y tercer diedro **II:** Proyección de puntos, líneas y planos **III:** Vistas principales y vistas auxiliares **IV:** Perspectivas isométricas y caballeras

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar la capacidad de representar objetos 3D en proyecciones ortogonales 2D [Usar] **II:** Interpretar vistas auxiliares para determinar longitudes verdaderas y pendientes [Evaluar]

Bibliografía: [Luzadder and Duff, 1993]

5.3 Dibujo Asistido por Computadora (CAD) 2D, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Interfaz de usuario y configuración del entorno de dibujo **II:** Comandos de creación y edición de entidades geométricas **III:** Gestión de capas (layers), bloques y atributos **IV:** Acotado técnico y generación de archivos de impresión (layouts)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Manejar con fluidez comandos de software CAD para la creación de geometría compleja [Usar] **II:** Organizar la información gráfica mediante el uso eficiente de capas y referencias externas [Usar]

Bibliografía: [Omura and Benton, 2021]

5.4 Introducción al Modelado 3D y Planos de Ingeniería, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Modelado de sólidos y superficies básicas **II:** Generación automática de vistas y cortes a partir de modelos 3D **III:** Símbolos técnicos y planos aplicados a la ingeniería civil: cimentaciones y estructuras básicas

Objetivos de Aprendizaje I: Crear modelos tridimensionales básicos utilizando herramientas de modelado sólido [Familiarizarse] **II:** Elaborar planos de ingeniería que cumplan con los estándares profesionales de presentación [Evaluar] **III:** Aplicar símbolos técnicos y elaborar planos de cimentaciones y estructuras básicas de ingeniería civil [Usar]

Bibliografía: [Omura and Benton, 2021, Jensen et al., 2007]

6. Bibliografía

[Jensen et al., 2007] Jensen, C., Helsel, J., and Short, D. (2007). *Engineering Drawing and Design*. McGraw-Hill, 7th edition.

[Luzadder and Duff, 1993] Luzadder, W. and Duff, J. (1993). *Fundamentals of Engineering Drawing*. Prentice Hall, 11th edition.

[Omura and Benton, 2021] Omura, G. and Benton, B. (2021). *Mastering AutoCAD 2021 and AutoCAD LT 2021*. Sybex, 1st edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA112 Cálculo II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA111 Cálculo I (1er Sem-Pág 283)

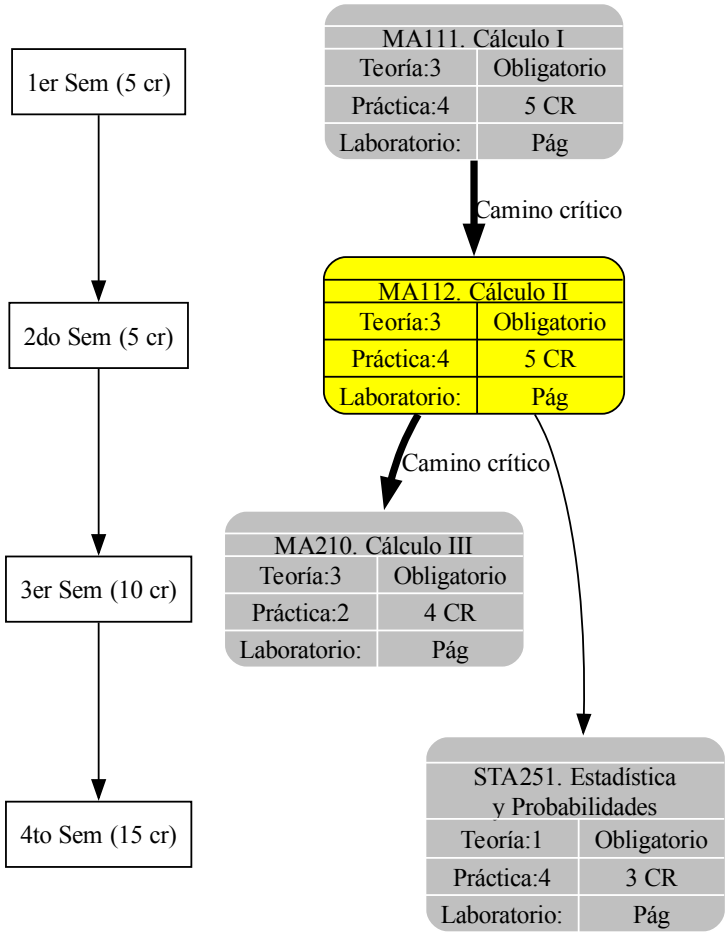


Figura 7.12: Mapa de Conexión. MA112 Cálculo II

2. Fundamentación

Este curso cubre el cálculo integral para funciones de una variable y los fundamentos geométricos necesarios para el cálculo multivariable. Enfatiza la acumulación de cantidades y la relación inversa entre diferenciación e integración, proporciona herramientas para calcular áreas, volúmenes, longitud de arco y trabajo, e introduce vectores y la geometría del espacio tridimensional, superficies cuádricas, ecuaciones paramétricas, coordenadas polares y funciones vectoriales de una variable real.

3. Objetivos del curso.

- Comprender la integral definida como un límite de sumas de Riemann y dominar las técnicas de integración, las integrales impropias y las series infinitas.
- Aplicar la integral definida para calcular áreas, volúmenes de revolución, longitud de arco, área de superficie, trabajo y centroides.
- Operar con vectores en el espacio tridimensional y utilizarlos para determinar rectas y planos.
- Clasificar superficies cuádricas a partir de su ecuación general.
- Analizar curvas descritas paramétricamente y en coordenadas polares, incluyendo su cálculo diferencial e integral y el cálculo de áreas.
- Describir curvas en el espacio como funciones vectoriales y calcular su longitud de arco, curvatura y torsión.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Cálculo Integral, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: El Teorema Fundamental del Cálculo **II:** Técnicas de integración: sustitución, integración por partes y fracciones parciales **III:** Aplicaciones de ingeniería de la integración: áreas, volúmenes, centroides y momentos de inercia

Objetivos de Aprendizaje I: Enunciar y explicar el Teorema Fundamental del Cálculo y sus implicaciones en ingeniería [Familiarizarse] **II:** Calcular integrales definidas en problemas de ingeniería como trabajo, presión de fluidos y transferencia de calor [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

5.2 Integrales Impropias, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Integrales impropias sobre intervalos no acotados **II:** Integrales impropias de integrandos no acotados (discontinuos) **III:** Criterios de convergencia y pruebas de comparación para integrales impropias

Objetivos de Aprendizaje I: Determinar si una integral impropia proveniente de un modelo de ingeniería converge, usando criterios de comparación y otras pruebas de convergencia [Evaluar] **II:** Evaluar una integral impropia tomando el límite apropiado, cuando esta converge [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

5.3 Sucesiones, Series y Series de Potencias, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Sucesiones y series: criterios de convergencia (razón, raíz, comparación, integral) **II:** Series de potencias, radio de convergencia y series de Taylor/Maclaurin **III:** Uso en ingeniería de polinomios de Taylor para linealización y aproximación numérica

Objetivos de Aprendizaje I: Determinar la convergencia de una serie de potencias y construir una serie de Taylor para una función de ingeniería estándar [Evaluar] **II:** Aplicar un polinomio de Taylor para aproximar o linealizar una función de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018, Thomas et al., 2014]

5.4 Aplicaciones de la Integral Definida, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Área entre curvas integrando respecto a x o y **II:** Volumen de sólidos de revolución por el método del disco y la arandela **III:** Volumen de sólidos de revolución por el método de capas cilíndricas **IV:** Trabajo mediante integración (resortes, bombeo de fluidos, cables) **V:** Momentos y centroide de una región plana o sólido

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el volumen de un sólido de revolución usando el método del disco, la arandela o las capas cilíndricas [Usar] **II:** Calcular el trabajo realizado por una fuerza variable mediante integración [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.5 Geometría en el Espacio, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Producto punto y producto cruz: definición, propiedades e interpretación geométrica **II:** Ecuaciones de rectas y planos en el espacio

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el producto punto y el producto cruz de vectores para resolver problemas de fuerzas y momentos en ingeniería [Usar] **II:** Determinar ecuaciones de rectas y planos en el espacio a partir de datos geométricos de un problema de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018]

5.6 Superficies Cuádricas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Clasificación de cuádricas (elipsoides, paraboloides, hiperboloides) a partir de su ecuación general

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar una superficie cuádrica e identificar su geometría para el modelado de componentes de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018]

5.7 Ecuaciones Paramétricas y Coordenadas Polares, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Curvas paramétricas y su cálculo diferencial, aplicadas a trayectorias en cinemática **II:** Coordenadas polares y su conversión a coordenadas cartesianas

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular la velocidad y aceleración de una trayectoria descrita paramétricamente [Usar] **II:** Convertir entre coordenadas polares y cartesianas al modelar geometrías de ingeniería [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.8 Funciones Vectoriales de una Variable Real, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Definición, dominio y rango de funciones vectoriales de una variable real **II:** Límites, continuidad y derivadas de funciones vectoriales **III:** Longitud de arco y parametrización natural de una curva **IV:** Vectores tangente, normal y binormal; triedro móvil de Frenet **V:** Curvatura, torsión y fórmulas de Frenet-Serret

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar límites, continuidad y derivadas de funciones vectoriales de una variable real [Familiarizarse] **II:** Calcular vectores tangente, normal y binormal y reparametrizar una curva por longitud de arco [Usar] **III:** Calcular curvatura y torsión usando las fórmulas de Frenet-Serret [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

6. Bibliografía

[Larson and Edwards, 2018] Larson, R. and Edwards, B. H. (2018). *Cálculo*. Cengage Learning, 10th edition.

[Stewart, 2016] Stewart, J. (2016). *Cálculo de una variable: Trascendentes tempranas*. Cengage Learning, 8th edition.

[Thomas et al., 2014] Thomas, G. B., Weir, M. D., and Hass, J. (2014). *Cálculo de una variable*. Pearson, 13th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BFI101 Física I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA111 Cálculo I (1er Sem-Pág 283)

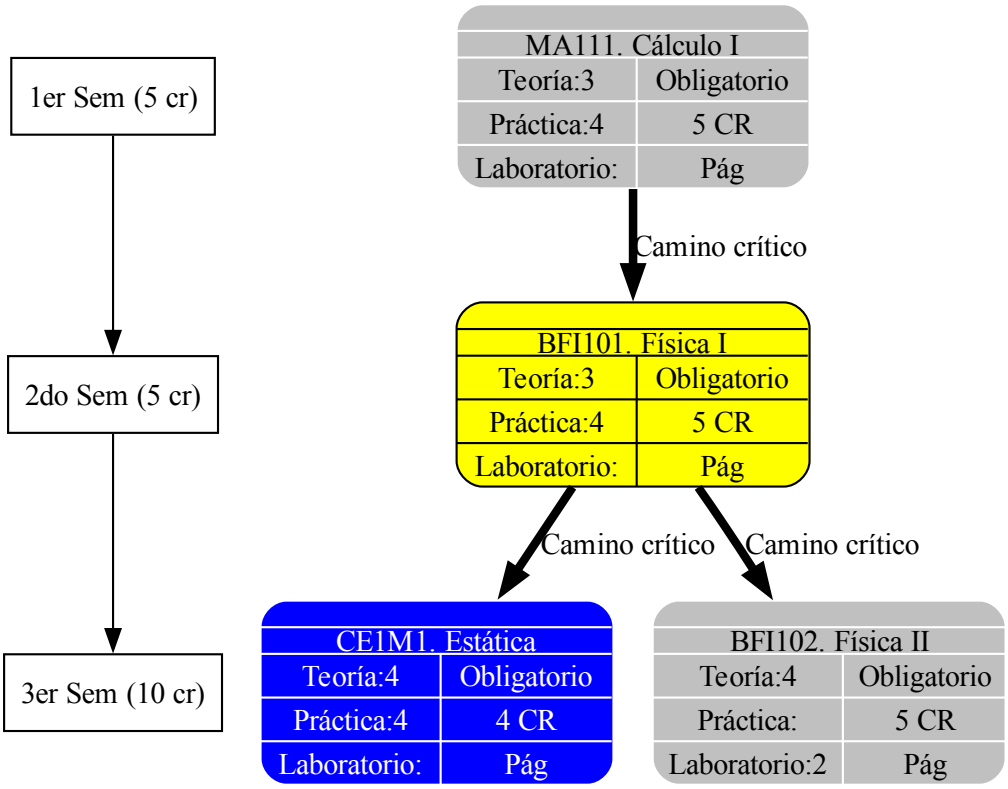


Figura 7.13: Mapa de Conexión. BFI101 Física I

2. Fundamentación

Física I introduce los fundamentos de la mecánica clásica como una disciplina matemática y experimental. A través del estudio de la cinemática, la dinámica newtoniana, los principios de conservación, el movimiento rotacional, la elasticidad, la mecánica de fluidos, las vibraciones y ondas, y una introducción a los fenómenos de transporte, los estudiantes adquieren las herramientas analíticas necesarias para modelar y resolver problemas del mundo físico. Este curso proporciona la base indispensable para el estudio de los fenómenos oscilatorios, ondulatorios y electromagnéticos que se abordan en cursos posteriores.

3. Objetivos del curso.

- Describir el movimiento de partículas en diferentes sistemas de coordenadas y formular las ecuaciones del movimiento a partir de las leyes de Newton.

- Aplicar los principios de trabajo, energía potencial y conservación de la energía mecánica a sistemas con fuerzas conservativas y no conservativas.
- Resolver problemas de dinámica de sistemas de partículas utilizando la conservación del momento lineal y el análisis de colisiones.
- Analizar el movimiento rotacional y la dinámica del momento angular en sistemas de partículas y cuerpos extendidos.
- Aplicar los módulos elásticos y la ley de Hooke para relacionar el esfuerzo y la deformación en sólidos.
- Aplicar los principios de la hidrostática y la hidrodinámica, incluyendo las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli, a problemas de flujo de fluidos.
- Analizar el movimiento armónico simple y la propagación de ondas mecánicas, incluyendo los fenómenos de superposición y resonancia.
- Aplicar las leyes de Fourier y Fick para describir procesos básicos de conducción de calor y difusión de masa.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Cinemática y Dinámica de Partículas, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Descripción vectorial de posición, velocidad y aceleración en coordenadas cartesianas, polares y esféricas **II:** Las tres leyes de movimiento de Newton y los marcos de referencia inerciales **III:** Formulación y solución de ecuaciones de movimiento para fuerzas constantes y variables **IV:** Fuerzas de fricción estática y cinética, incluyendo el ángulo de reposo **V:** Integración numérica de ecuaciones de movimiento para problemas de dinámica en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular las ecuaciones de movimiento de una partícula en una, dos y tres dimensiones dada una ley de fuerza [Usar] **II:** Identificar todas las fuerzas que actúan sobre una partícula y dibujar un diagrama de cuerpo libre correcto [Familiarizarse] **III:** Calcular la velocidad terminal de un objeto que cae a través de un fluido con resistencia por arrastre [Evaluar] **IV:** Implementar un algoritmo numérico para simular la dinámica de un sistema mecánico de ingeniería [Usar] **V:** Construir e interpretar diagramas de espacio de fase para sistemas oscilatorios de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Young and Freedman, 2015]

5.2 Trabajo, Energía y Fuerzas Conservativas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición del trabajo como integral de línea $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$ **II:** Teorema trabajo-energía: $W_{total} = \Delta K$ **III:** Función de energía potencial y la relación $\vec{F} = -\nabla U$ **IV:** Conservación de la energía mecánica total $E = K + U$ en sistemas de ingeniería **V:** Diagramas de energía, puntos de retorno y estabilidad del equilibrio **VI:** Trabajo realizado por fuerzas no conservativas y disipación de energía en sistemas mecánicos de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el trabajo realizado por una fuerza a lo largo de una trayectoria de ingeniería especificada [Usar] **II:** Aplicar la conservación de la energía mecánica para encontrar velocidades y posiciones en la dinámica de ingeniería [Usar] **III:** Analizar un diagrama de energía para identificar posiciones de equilibrio y estabilidad [Evaluar] **IV:** Estimar la energía disipada por fricción y amortiguamiento en sistemas mecánicos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Tipler and Mosca, 2007]

5.3 Sistemas de Partículas y Momento Lineal, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición y cálculo del centro de masa para sistemas de partículas y cuerpos distribuidos **II:** Momento lineal de una partícula y del sistema: $\vec{P} = M\vec{V}_{CM}$ **III:** Conservación del momento lineal para sistemas de ingeniería aislados **IV:** Colisiones entre dos cuerpos: elásticas, inelásticas y coeficiente de restitución **V:** Sistemas de masa variable como cohetes y cintas transportadoras en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Localizar el centro de masa de sistemas de partículas y objetos de ingeniería de distribución continua [Usar] **II:** Aplicar la conservación del momento lineal para analizar problemas de impacto y colisión en ingeniería [Usar] **III:** Clasificar colisiones como elásticas o inelásticas y determinar la pérdida de energía cinética [Familiarizarse] **IV:** Resolver ecuaciones de sistemas de masa variable para determinar la ganancia de velocidad en problemas de propulsión [Usar]

Bibliografía: [Young and Freedman, 2015, Tipler and Mosca, 2007]

5.4 Movimiento Rotacional y Momento Angular, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Cinemática rotacional: desplazamiento angular, velocidad y aceleración **II:** Torque: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ y su cálculo en aplicaciones de ingeniería **III:** Momento de inercia $I = \sum m_i r_i^2$ y el teorema de Steiner **IV:** Energía cinética rotacional: $K_{rot} = \frac{1}{2} I\omega^2$ **V:** Conservación del momento angular en máquinas y estructuras rotantes de ingeniería **VI:** Dinámica de rodadura sin deslizamiento y aplicaciones a ruedas y ejes de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el torque respecto a un eje dado en un sistema de transmisión de potencia de ingeniería [Usar] **II:** Determinar el momento de inercia de componentes de máquinas como varillas, discos y ejes [Usar] **III:** Aplicar la conservación del momento angular para analizar cambios de velocidad en sistemas de ingeniería rotantes [Evaluar] **IV:** Analizar el movimiento combinado de traslación y rotación en sistemas de ingeniería con ruedas [Evaluar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Kleppner and Kolenkow, 2013]

5.5 Elasticidad, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición de esfuerzo (fuerza/área) y deformación unitaria ($\Delta L/L$) **II:** Módulo de Young y ley de Hooke para deformación longitudinal: $\sigma = E\epsilon$ **III:** Módulo de corte (rigidez) y deformación por cizalladura **IV:** Módulo de volumen (compresibilidad) y deformación volumétrica **V:** Límite elástico, región plástica y punto de ruptura en el diagrama esfuerzo-deformación **VI:** Energía elástica almacenada en un material deformado

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar la ley de Hooke escalar para calcular la deformación de una barra bajo carga axial [Usar] **II:** Calcular el módulo de Young, de corte o de volumen a partir de datos experimentales esfuerzo-deformación [Usar] **III:** Identificar la región elástica, el límite elástico y el punto de fractura en una curva esfuerzo-deformación [Familiarizarse] **IV:** Calcular la energía potencial elástica almacenada en un resorte o barra deformada [Usar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Young and Freedman, 2015]

5.6 Fluidos: Hidrostática, Hidrodinámica y Viscosidad, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Densidad, presión y su variación con la profundidad en un fluido en reposo: $p = p_0 + \rho g h$ **II:** Principio de Pascal y sus aplicaciones (prensa hidráulica) **III:** Principio de Arquímedes, empuje y flotación **IV:** Medición de presión con manómetros y barómetros **V:** Ecuación de continuidad para flujo incompresible: $A_1 v_1 = A_2 v_2$ **VI:** Ecuación de Bernoulli y conservación de energía en flujo ideal **VII:** Aplicaciones: tubo de Venturi, teorema de Torricelli, tubo de Pitot **VIII:** Viscosidad y ley de Poiseuille para flujo laminar en tuberías **IX:** Número de Reynolds y transición a flujo turbulento **X:** Ley de Stokes para la fuerza de arrastre sobre una esfera en un fluido viscoso

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la presión en un punto de un fluido en reposo dado la profundidad y densidad [Usar] **II:** Aplicar el principio de Arquímedes para determinar si un objeto flota, se hunde o permanece en equilibrio [Usar] **III:** Aplicar las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli para resolver problemas de flujo en tuberías de sección variable [Usar] **IV:** Interpretar lecturas de manómetros y barómetros para determinar presiones absolutas y manométricas [Evaluar] **V:** Aplicar la ley de Poiseuille para calcular el caudal de un fluido viscoso en un tubo cilíndrico [Usar] **VI:** Estimar el número de Reynolds de un flujo y predecir si es laminar o turbulento [Evaluar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Young and Freedman, 2015]

5.7 Vibraciones y Ondas, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Movimiento armónico simple (MAS): ecuación de movimiento, posición, velocidad y aceleración **II:** Sistemas oscilantes: resorte-masa y péndulo simple/físico **III:** Energía en el movimiento armónico simple **IV:** Oscilaciones amortiguadas y forzadas; introducción a la resonancia **V:** Ondas transversales y longitudinales; velocidad de propagación **VI:** Ecuación de onda y velocidad de una onda en una cuerda tensa: $v = \sqrt{T/\mu}$ **VII:** Principio de superposición y ondas estacionarias **VIII:** Ondas sonoras, intensidad y nivel de intensidad sonora (decibeles) **IX:** Efecto Doppler para ondas sonoras **X:** Pulsaciones (beats) e interferencia de ondas de frecuencias cercanas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Deducir la ecuación de movimiento y el período de un sistema resorte-masa y de un péndulo simple [Usar] **II:** Calcular la energía cinética, potencial y total de un oscilador armónico simple en cualquier instante [Usar] **III:** Analizar la respuesta en amplitud de un oscilador forzado cerca de la frecuencia de resonancia [Evaluar] **IV:** Calcular la velocidad de propagación de una onda en una cuerda a partir de la tensión y la densidad lineal [Usar] **V:** Determinar las frecuencias y longitudes de onda de los modos normales de una onda estacionaria en una cuerda fija [Usar] **VI:** Calcular el nivel de intensidad sonora en decibeles a partir de la intensidad de una onda sonora [Usar] **VII:** Aplicar la fórmula del efecto Doppler para fuente y/o observador en movimiento [Usar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Young and Freedman, 2015]

5.8 Fenómeno de Transporte, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Conducción de calor y la ley de Fourier: $\vec{q} = -k\nabla T$ **II:** Conductividad térmica de materiales y resistencia térmica en paredes compuestas **III:** Difusión molecular y la primera ley de Fick: $\vec{J} = -D\nabla C$ **IV:** Analogía entre el transporte de calor, masa y momento (números de Prandtl y Schmidt)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar la ley de Fourier para calcular el flujo de calor a través de una pared plana o compuesta [Usar] **II:** Aplicar la primera ley de Fick para calcular el flujo difusivo de una especie en un gradiente de concentración [Usar] **III:** Identificar analogías matemáticas entre los procesos de transporte de calor, masa y momento [Familiarizarse]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Tipler and Mosca, 2007]

6. Bibliografía

[Kleppner and Kolenkow, 2013] Kleppner, D. and Kolenkow, R. J. (2013). *An Introduction to Mechanics*. Cambridge University Press, 2nd edition.

[Serway and Jewett, 2018] Serway, R. A. and Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Cengage Learning, 10th edition.

[Tipler and Mosca, 2007] Tipler, P. A. and Mosca, G. (2007). *Physics for Scientists and Engineers*. W. H. Freeman and Company, 6th edition.

[Young and Freedman, 2015] Young, H. D. and Freedman, R. A. (2015). *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics*. Pearson Education, 14th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ID101 Inglés I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

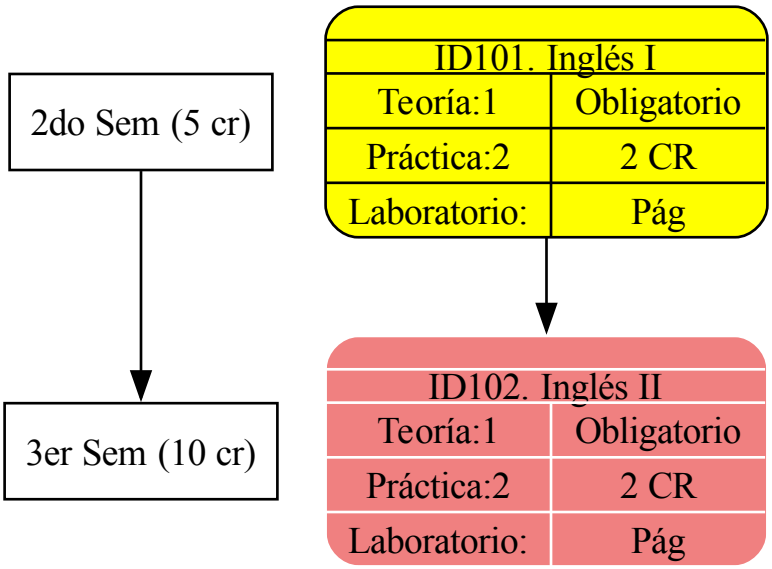


Figura 7.14: Mapa de Conexión. ID101 Inglés I

2. Fundamentación

El inglés es el idioma principal de la ciencia, la ingeniería y la tecnología en el mundo. Para los estudiantes de computación e ingeniería, dominarlo significa acceder directamente a documentación técnica, artículos de investigación y colaboración profesional sin barreras de traducción. Este curso desarrolla las habilidades fundamentales del inglés utilizando contextos extraídos de sistemas computacionales, hardware y el trabajo cotidiano de ingenieros y científicos.

3. Objetivos del curso.

- Adquirir estructuras gramaticales básicas del inglés aplicadas a contextos de computación e ingeniería.
- Identificar y utilizar vocabulario técnico relacionado con hardware, software y conceptos científicos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Bienvenido a la Computación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Verbo To Be: Afirmativo, Negativo e Interrogativo. **II:** Pronombres personales y adjetivos posesivos. **III:** Expresiones numéricas (1-100): Puertos, direcciones y fundamentos binarios. **IV:** Expresiones sociales en entornos académicos y de laboratorio.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar la unidad, el estudiante utiliza el verbo 'to be' para presentarse como estudiante de computación y describir propiedades básicas de sistemas computacionales (e.g., "The processor is fast. It is a 64-bit CPU.").

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.2 Partes y Sistemas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Posesivo 's y sustantivos plurales aplicados a componentes (the CPU's speed, the system's memory). **II:** Componentes de hardware y sus relaciones. **III:** Estructuras Adjetivo + Sustantivo para descripciones técnicas. **IV:** Interacciones en el laboratorio: Preguntar sobre equipos y herramientas.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe componentes de hardware y sus relaciones utilizando posesivos y frases nominales (e.g., "the motherboard's slots", "the server's processors").

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.3 Cómo Funciona, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Presente Simple I (Tercera persona: He/She/It) para describir procesos. **II:** Vocabulario: Cómo operan programas, algoritmos y dispositivos. **III:** Expresar la hora e interpretar relojes y horarios de sistemas. **IV:** Verbos de operación: runs, compiles, executes, stores, transmits.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante explica cómo funciona un programa o dispositivo utilizando el presente simple en tercera persona (e.g., "The compiler translates source code. It generates an executable file.").

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.4 Lo que Hacen los Ingenieros, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Presente Simple II (I/You/We/They) para describir rutinas profesionales. **II:** Preguntas y negaciones con 'Do/Does' en contextos técnicos. **III:** Roles en ingeniería: developer, analyst, researcher, systems engineer. **IV:** Adverbios de frecuencia para describir ciclos de trabajo y pruebas.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe las tareas diarias y los roles profesionales de ingenieros y científicos computacionales utilizando el presente simple con precisión.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.5 Dentro de una Computadora, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Existencial: There is / There are aplicado a descripciones de arquitecturas. **II:** Preposiciones de lugar: componentes en una placa madre, archivos en un directorio. **III:** Vocabulario: memoria, almacenamiento, buses, ranuras, puertos, capas. **IV:** Descripción de topología de red e infraestructura física.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe la organización espacial de componentes de hardware y sistemas de archivos, permitiéndole interpretar y producir descripciones técnicas de arquitecturas.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.6 ¿Pueden Pensar las Computadoras?, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Verbo modal Can/Can't para describir capacidades y limitaciones computacionales. **II:** Adverbios de modo aplicados al rendimiento de sistemas. **III:** Pasado del verbo 'To Be' (Was/Were): sistemas computacionales tempranos y pioneros. **IV:** Expresiones básicas para soporte técnico y resolución de problemas.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe lo que los sistemas computacionales pueden y no pueden hacer, e identifica hechos básicos sobre la historia temprana de la computación utilizando estructuras de pasado simple.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.7 Historia de la Computación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Pasado Simple: Verbos regulares e irregulares para narrar la historia tecnológica. **II:** Expresiones de tiempo pasado: invented, developed, published, launched. **III:** Figuras clave: Turing, Babbage, Lovelace, von Neumann. **IV:** Vocabulario: Generaciones de computadoras, hitos, inventos.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante narra eventos clave en la historia de la computación y la ciencia utilizando el pasado simple correctamente, identificando las contribuciones de figuras fundacionales.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.8 Mis Metas Profesionales en Computación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Introducción al inglés técnico para computación e ingeniería. **II:** Lectura y comprensión de especificaciones técnicas simples. **III:** Trabajo en equipos de ingeniería multiculturales: normas de comunicación. **IV:** Presentación oral: "Mi rol en el campo de la computación".

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante presenta sus metas profesionales en computación utilizando vocabulario técnico básico y las relaciona con los roles y responsabilidades de profesionales en software y hardware.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

6. Bibliografía

[Cambridge, 2006] Cambridge (2006). *Diccionario Inglés-Espanol Cambridge*. Editorial Oxford.

[MacGrew, 1999] MacGrew, J. (1999). *Focus on Grammar Basic*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002d] Soars, L. and John (2002d). *American Headway N 2 Student Book*. Editorial Oxford.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BEF201 Ética y Filosofía Política (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 2do Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

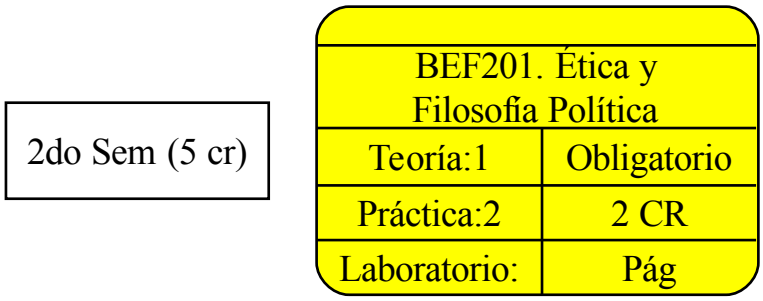


Figura 7.15: Mapa de Conexión. BEF201 Ética y Filosofía Política

2. Fundamentación

Este curso introduce a los estudiantes en los fundamentos de la ética y la filosofía política como base humanística para el ejercicio profesional, y los extiende a la ética de la ingeniería y la responsabilidad profesional. A través del estudio de las teorías éticas normativas, las grandes tradiciones del pensamiento político y los debates contemporáneos en filosofía política, los estudiantes desarrollan las herramientas críticas para analizar problemas morales y políticos. El curso concluye con la aplicación de estas herramientas a los dilemas éticos que enfrentan los ingenieros en la práctica profesional.

3. Objetivos del curso.

- Distinguir entre ética, moral y derecho, y comparar las principales teorías éticas normativas.
- Explicar los fundamentos de la tradición del contrato social y las principales propuestas ético-políticas modernas.
- Analizar los debates de la filosofía política contemporánea desde múltiples perspectivas teóricas.
- Aplicar marcos de toma de decisiones éticas y códigos de conducta profesionales a la práctica de la ingeniería.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Familiarizarse)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Usar)

5. Contenido

5.1 Nociones Básicas de Ética y Filosofía Política, 15 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** ¿Qué es la ética? Distinción entre ética, moral y derecho como sistemas normativos **II:** Principales teorías éticas normativas: consecuencialismo, deontología y ética de la virtud **III:** ¿Qué es la filosofía política? Preguntas fundamentales sobre el poder, la legitimidad y el Estado **IV:** La tradición del contrato social: Hobbes, Locke y Rousseau **V:** Concepciones de justicia: distributiva, procedimental y retributiva

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir entre ética, moral y derecho como sistemas normativos [Familiarizarse] **II:** Comparar las principales teorías éticas normativas y sus criterios de evaluación moral [Usar] **III:** Explicar los fundamentos de la tradición contractualista y sus principales exponentes [Familiarizarse] **IV:** Identificar distintas concepciones de justicia y su aplicación a casos concretos [Evaluar]

Bibliografía: [Rachels and Rachels, 2015, Kymlicka, 2002]

5.2 Principales Propuestas Ético-Políticas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Liberalismo político y económico: libertad individual y límites del Estado **II:** Socialismo y pensamiento marxista: crítica a la propiedad privada y a la explotación **III:** Republicanismo cívico y la libertad entendida como no-dominación **IV:** Comunitarismo y su crítica al individualismo liberal

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar las propuestas liberal, socialista, republicana y comunitarista frente a un problema social concreto [Usar] **II:** Identificar los fundamentos filosóficos de una postura ético-política dada [Evaluar]

Bibliografía: [Kymlicka, 2002]

5.3 Ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional, 12 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Teorías éticas aplicadas a la ingeniería: utilitarismo, ética del deber, ética de la virtud **II:** Códigos de conducta profesional (p. ej. NSPE, IEEE, ASME, y colegios de ingenieros nacionales) y sus cánones fundamentales **III:** Responsabilidad primordial del ingeniero con la seguridad, salud y bienestar públicos **IV:** Dilemas éticos en la práctica: conflictos de interés, denuncia de irregularidades, obsequios **V:** Marcos de toma de decisiones éticas y análisis de casos de estudio **VI:** Ética global en ingeniería y desafíos interculturales **VII:** Obligaciones éticas para el desarrollo sostenible y la gestión ambiental **VIII:** Implicaciones éticas de tecnologías emergentes (IA, automatización, privacidad de datos) **IX:** Conducta ética en resolución de disputas y litigios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los principios fundamentales del código de ética del ingeniero [Familiarizarse] **II:** Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un escenario hipotético de ingeniería [Evaluar] **III:** Identificar conflictos de interés y otras trampas éticas comunes en el trabajo de proyectos [Familiarizarse] **IV:** Analizar un caso histórico de falla de ingeniería desde una perspectiva ética [Evaluar] **V:** Evaluar las dimensiones éticas de un proyecto con impactos sociales o ambientales significativos en un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Articular el argumento ético para incorporar la sostenibilidad en todo el trabajo de ingeniería [Familiarizarse] **VII:** Discutir las responsabilidades éticas relacionadas con la recolección y uso de datos en proyectos de infraestructura inteligente [Evaluar] **VIII:** Describir el papel de la ética en los procesos de resolución alternativa de disputas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Harris et al., 2013, Fleddermann, 2020]

5.4 Corrientes de la Filosofía Política Contemporánea, 9 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de la justicia de Rawls: posición original y velo de ignorancia **II:** Libertarismo contemporáneo: Nozick y los derechos de propiedad **III:** Filosofía política feminista y teorías del cuidado **IV:** Multiculturalismo, reconocimiento y políticas de identidad **V:** Democracia deliberativa y esfera pública

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los conceptos de posición original y velo de ignorancia en la teoría de Rawls [Usar] **II:** Contrastar las propuestas libertaria y rawlsiana sobre justicia distributiva [Evaluar] **III:** Analizar un debate político contemporáneo desde al menos dos corrientes de filosofía política estudiadas [Evaluar] **IV:** Describir los fundamentos de la democracia deliberativa y su rol en la esfera pública [Familiarizarse]

Bibliografía: [Rawls, 1999, Kymlicka, 2002]

6. Bibliografía

[Fleddermann, 2020] Fleddermann, C. B. (2020). *Engineering Ethics*. Pearson, 5th edition.

[Harris et al., 2013] Harris, C. E., Pritchard, M. S., and Rabins, M. J. (2013). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Cengage Learning, 5th edition.

[Kymlicka, 2002] Kymlicka, W. (2002). *Contemporary Political Philosophy: An Introduction*. Oxford University Press, 2nd edition.

[Rachels and Rachels, 2015] Rachels, J. and Rachels, S. (2015). *The Elements of Moral Philosophy*. McGraw-Hill Education, 8th edition.

[Rawls, 1999] Rawls, J. (1999). *A Theory of Justice*. Belknap Press, revised edition.

Tercer Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE1M1 Estática (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BFI101 Física I (2do Sem-Pág 331)

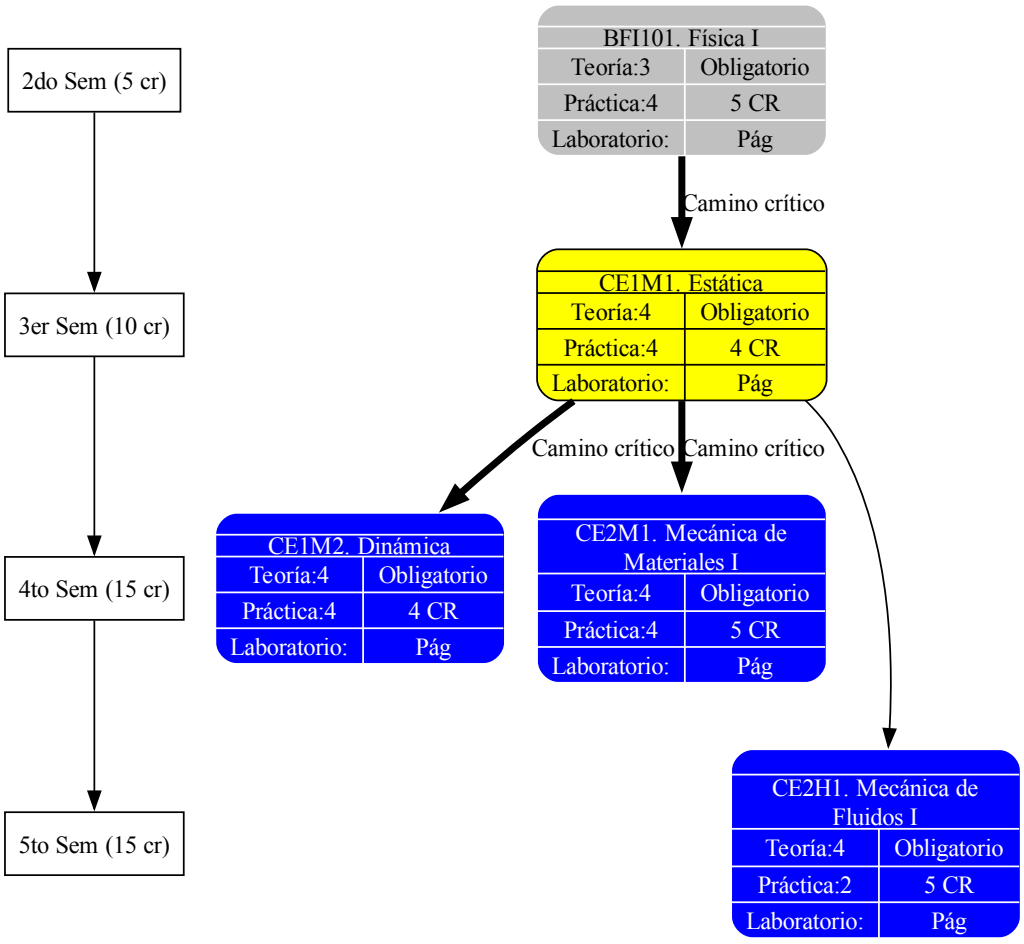


Figura 7.16: Mapa de Conexión. CE1M1 Estática

2. Fundamentación

La estática es el primer pilar de la mecánica aplicada en la Ingeniería Civil. Proporciona las herramientas necesarias para analizar el equilibrio de partículas y cuerpos rígidos sometidos a sistemas de fuerzas. Comprender los conceptos de fuerza, momento y equilibrio es esencial para el análisis y

diseño de estructuras, permitiendo determinar las reacciones en los apoyos y las fuerzas internas en los elementos estructurales.

3. Objetivos del curso.

- Comprender y aplicar las leyes de Newton y el álgebra vectorial para resolver problemas de equilibrio en dos y tres dimensiones.
- Determinar con precisión las fuerzas internas en armaduras, pórticos y máquinas.
- Analizar el efecto de la fricción y determinar los centros de gravedad y los momentos de inercia de formas complejas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Equilibrio de Partículas y Cuerpos Rígidos, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Ecuaciones de equilibrio y diagramas de cuerpo libre para partículas y cuerpos rígidos en dos y tres dimensiones **II:** Cables flexibles bajo cargas concentradas y distribuidas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar las ecuaciones de equilibrio para determinar las reacciones en los apoyos de sistemas de cuerpo rígido en dos y tres dimensiones [Usar] **II:** Determinar la tensión y la forma de un cable bajo cargas concentradas y distribuidas [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2016, Meriam and Kraige, 2014]

5.2 Fuerzas Internas en Armaduras y Pórticos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de armaduras mediante el método de nodos y el método de secciones **II:** Diagramas de cuerpo libre y análisis de fuerzas internas en marcos y máquinas de múltiples elementos **III:** Fuerzas internas en vigas: diagramas de fuerza cortante y momento flector

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar armaduras planas utilizando tanto el método de nodos como el método de secciones [Evaluar] **II:** Elaborar diagramas de cuerpo libre para marcos y máquinas de múltiples elementos y determinar las fuerzas internas en sus miembros [Usar] **III:** Construir diagramas de fuerza cortante y momento flector para vigas bajo cargas concentradas y distribuidas [Evaluar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2016, Meriam and Kraige, 2014]

5.3 Propiedades Geométricas de Áreas y Fricción, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Centroides y centros de gravedad de áreas y líneas compuestas **II:** Momentos de inercia de áreas y el teorema de los ejes paralelos **III:** Fricción seca: leyes de la fricción, cuñas y tornillos **IV:** Trabajo virtual y estabilidad del equilibrio

Objetivos de Aprendizaje I: Determinar las propiedades geométricas de secciones transversales complejas utilizadas en perfiles estructurales [Usar] **II:** Analizar problemas de equilibrio que involucren fuerzas de fricción estática [Evaluar] **III:** Aplicar los principios de fricción al análisis de cuñas y mecanismos de tornillo [Usar] **IV:** Evaluar la estabilidad del equilibrio mediante principios de trabajo virtual [Familiarizarse]

Bibliografía: [Meriam and Kraige, 2014]

6. Bibliografía

[Hibbeler, 2016] Hibbeler, R. (2016). *Engineering Mechanics: Statics*. Pearson, 14th edition.

[Meriam and Kraige, 2014] Meriam, J. and Kraige, L. (2014). *Engineering Mechanics: Statics*. Wiley, 8th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C1 Tecnología de los Materiales (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BCH101 Química I (1er Sem-Pág 285)

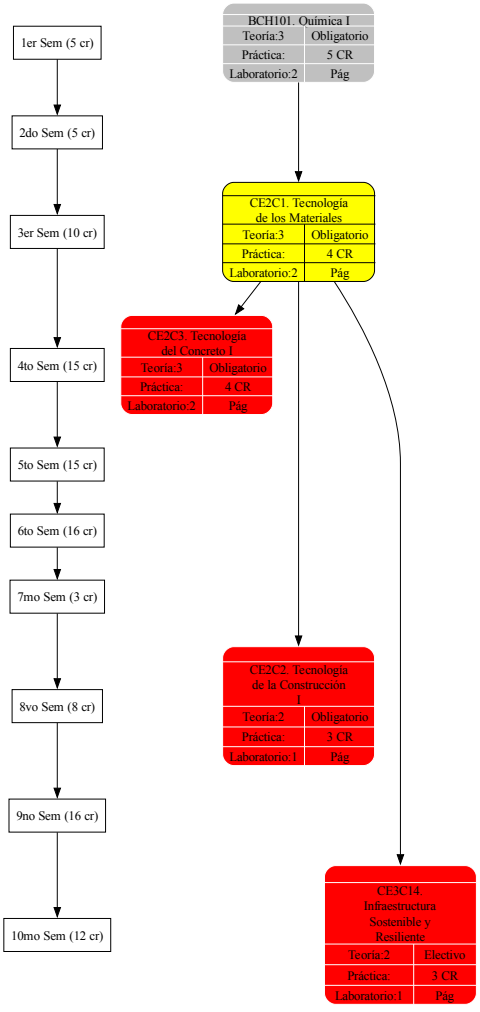


Figura 7.17: Mapa de Conexión. CE2C1 Tecnología de los Materiales

2. Fundamentación

Tecnología de los Materiales cubre la ciencia y tecnología de los principales materiales usados en la construcción: materiales tradicionales y vernáculos (rocas, adobe, quincha, tapial, bambú), concreto y materiales cementantes avanzados, metales estructurales, materiales poliméricos y compuestos sostenibles, y los ensayos normalizados de control de calidad y análisis de fallas. El curso cierra con el diseño en mampostería, madera y acero liviano.

3. Objetivos del curso.

- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción tradicionales y modernos.
- Aplicar la tecnología del concreto y de los metales estructurales al diseño y control de calidad de elementos de construcción.
- Realizar ensayos normalizados de control de calidad e interpretar resultados de análisis de fallas.
- Diseñar elementos en mampostería, madera y acero liviano.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ciencia de Materiales de Construcción, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, incluyendo densidad, porosidad, resistencia y elasticidad **II:** Microestructura y composición de fases de los materiales de construcción **III:** Mecanismos de durabilidad, incluyendo intemperismo, ataque químico y degradación ambiental **IV:** Propiedades térmicas e higrotérmicas de los materiales de construcción **V:** Estructuras cristalinas y amorfas en los materiales de construcción **VI:** Criterios de selección de materiales basados en requisitos de desempeño **VII:** Mecanismos de degradación y predicción de la vida útil

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las propiedades físicas y mecánicas fundamentales de los principales materiales de construcción [Familiarizarse] **II:** Analizar la relación entre la microestructura y las propiedades macroscópicas de los materiales [Evaluar] **III:** Evaluar el desempeño en durabilidad de los materiales bajo condiciones ambientales específicas [Usar] **IV:** Explicar los efectos de las variaciones térmicas e higrotérmicas en el comportamiento de los materiales [Familiarizarse] **V:** Seleccionar materiales de construcción apropiados basándose en especificaciones de diseño y criterios de desempeño [Evaluar] **VI:** Predecir la vida útil y los patrones de degradación de los materiales en diversos entornos [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.2 Materiales Tradicionales y Vernáculos de Construcción, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Rocas de uso en la construcción: clasificación y propiedades **II:** El adobe como material de construcción: fabricación y propiedades **III:** La quincha como sistema constructivo: materiales y técnica **IV:** El tapial como material de construcción: fabricación y propiedades **V:** El bambú como material de construcción: propiedades y aplicaciones estructurales **VI:** Ensayos de control de calidad para materiales vernáculos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar las rocas de uso en la construcción según sus propiedades y aplicaciones [Familiarizarse] **II:** Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del adobe, la quincha y el tapial [Usar] **III:** Evaluar la aptitud del bambú como material estructural en la construcción [Evaluar] **IV:** Realizar ensayos de control de calidad sobre materiales de

construcción vernáculos [Usar] **V:** Recomendar el uso de un material vernáculo apropiado según las condiciones de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Blondet et al., 2003]

5.3 Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Química del cemento Portland y proceso de hidratación **II:** Propiedades de los agregados y requisitos de gradación **III:** Metodología de diseño de mezclas para concreto de resistencia normal **IV:** Propiedades del concreto fresco, incluyendo trabajabilidad, revenimiento y tiempo de fraguado **V:** Propiedades del concreto endurecido, incluyendo resistencia, módulo de elasticidad y contracción **VI:** Aditivos químicos y minerales para el concreto **VII:** Diseño de concreto de alto desempeño y alta resistencia **VIII:** Concreto autocompactante y concreto reforzado con fibras **IX:** Aspectos de durabilidad, incluyendo reacción álcali-sílice, ataque por sulfatos y ciclos de congelación-descongelación **X:** Tecnologías de concreto sostenible y de bajo carbono

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir la química del cemento Portland y el proceso de hidratación [Familiarizarse] **II:** Evaluar la calidad y la idoneidad de los agregados para la producción de concreto [Evaluar] **III:** Diseñar mezclas de concreto para cumplir con requisitos específicos de resistencia y trabajabilidad [Usar] **IV:** Probar e interpretar las propiedades del concreto fresco utilizando procedimientos estándar [Evaluar] **V:** Predecir las propiedades del concreto endurecido basándose en las proporciones de la mezcla y las condiciones de curado [Usar] **VI:** Explicar la función y los efectos de varios aditivos para concreto [Familiarizarse] **VII:** Formular mezclas de concreto de alto desempeño para aplicaciones demandantes [Usar] **VIII:** Seleccionar concretos especiales apropiados para escenarios de construcción específicos [Evaluar] **IX:** Incorporar materiales cementantes suplementarios para optimizar el desempeño del concreto [Usar] **X:** Analizar riesgos de durabilidad y especificar medidas de protección para estructuras de concreto [Evaluar] **XI:** Comparar los impactos ambientales y las huellas de carbono de diferentes formulaciones de concreto [Familiarizarse]

Bibliografía: [Kosmatka and Wilson, 2016, Neville, 2011]

5.4 Transporte y Colocación del Concreto, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Transporte en camión mezclador: tiempo máximo de entrega, verificación del asentamiento y condiciones admisibles **II:** Bombeo del concreto: diseño de mezclas bombeables, presión de operación, alcance y prevención de atascos **III:** Métodos de colocación: vertido directo, canales, cubetas y colocación por grúa **IV:** Compactación del concreto: vibración interna y externa, frecuencia, amplitud y profundidad de inmersión **V:** Colocación de concreto bajo agua por método tremie y en condiciones especiales de acceso **VI:** Sistemas de transporte por faja transportadora y neumáticos para grandes volúmenes de concreto **VII:** Acabado superficial del concreto: nivelado, alisado, texturizado y curado inmediato

Objetivos de Aprendizaje **I:** Planificar el transporte del concreto considerando distancia de entrega, tiempo de fraguado y condiciones ambientales [Usar] **II:** Ejecutar procedimientos normalizados de colocación del concreto para distintos tipos de elementos estructurales [Usar] **III:** Aplicar técnicas de vibración correctas para lograr la consolidación uniforme del concreto [Usar] **IV:** Evaluar la calidad de la colocación del concreto e identificar deficiencias como segregación, nidos de grava y juntas frías [Evaluar] **V:** Diseñar mezclas de concreto bombeables para condiciones específicas de altura y distancia de bombeo [Usar] **VI:** Especificar métodos de colocación para estructuras de acceso restringido o colocación bajo agua [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes de colocación que minimicen juntas frías y garanticen la continuidad del concreto en elementos de gran dimensión [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.5 Control Estadístico de la Calidad del Concreto, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Procedimientos de muestreo y elaboración de especímenes de concreto fresco según normas ASTM **II:** Ensayo de resistencia a la compresión: procedimiento, frecuencia mínima y condiciones de ensayo **III:** Estadísticas básicas aplicadas al concreto: media, desviación estándar y coeficiente de variación **IV:** Criterios de aceptación del concreto según ACI 318 y normativas equivalentes **V:** Gráficos de control estadístico ($\bar{X}$, R) para el monitoreo continuo de la producción de concreto **VI:** Análisis de resultados no conformes: procedimientos de investigación, ensayos adicionales y decisiones estructurales **VII:** Índices de capacidad del proceso (C_p, C_{pk}) y ajuste de la resistencia promedio de diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar procedimientos normalizados de muestreo y fabricación de especímenes de concreto en obra [Usar] **II:** Interpretar resultados de ensayos de resistencia a la compresión y determinar su validez [Evaluar] **III:** Calcular parámetros estadísticos básicos a partir de series de resultados de resistencia del concreto [Usar] **IV:** Evaluar la aceptación o rechazo del concreto aplicando los criterios normativos de ACI 318 [Evaluar] **V:** Construir gráficos de control estadístico para el seguimiento continuo de la producción de concreto [Usar] **VI:** Diagnosticar causas de variabilidad excesiva y proponer acciones correctivas en la producción de concreto [Evaluar] **VII:** Determinar la resistencia promedio de diseño (f'_{cr}) considerando la variabilidad estadística del proceso productivo [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011, López, 2000]

5.6 Metales Estructurales, Aleaciones e Ingeniería de la Corrosión, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Composición, clasificación y designaciones de grados del acero **II:** Propiedades mecánicas del acero estructural, incluyendo límite de fluencia y ductilidad **III:** Procesos de tratamiento térmico y sus efectos en las propiedades del acero **IV:** Soldabilidad y comportamiento de conexiones en metales estructurales **V:** Mecanismos de corrosión en estructuras metálicas **VI:** Aplicaciones de aceros de alta resistencia y aceros resistentes a la intemperie **VII:** Aleaciones de aluminio y sus aplicaciones estructurales **VIII:** Comportamiento a fatiga y tenacidad a la fractura de los metales **IX:** Métodos de protección contra la corrosión, incluyendo recubrimientos y protección catódica **X:** Selección de materiales para entornos corrosivos y de alta temperatura

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar diferentes grados de acero y sus aplicaciones estructurales apropiadas [Familiarizarse] **II:** Interpretar curvas esfuerzo-deformación y determinar las propiedades mecánicas de los metales [Evaluar] **III:** Explicar cómo el tratamiento térmico afecta la microestructura y las propiedades del acero [Familiarizarse] **IV:** Evaluar la soldabilidad de los metales y especificar procedimientos de soldadura apropiados [Usar] **V:** Describir la base electroquímica de la corrosión metálica [Familiarizarse] **VI:** Seleccionar acero de alta resistencia o resistente a la intemperie para requisitos estructurales específicos [Usar] **VII:** Comparar aleaciones de aluminio con el acero para aplicaciones estructurales ligeras [Evaluar] **VIII:** Analizar escenarios de carga por fatiga y predecir la vida útil de componentes metálicos [Evaluar] **IX:** Diseñar sistemas de protección contra la corrosión para estructuras metálicas en ambientes agresivos [Usar] **X:** Especificar materiales apropiados para estructuras expuestas a condiciones extremas [Evaluar]

Bibliografía: [Callister and Rethwisch, 2020]

5.7 Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Química de polímeros y clasificación de los polímeros de construcción **II:** Comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos **III:** Composites de polímero reforzado con

fibra y sus aplicaciones estructurales **IV:** Adhesivos, selladores y materiales impermeabilizantes **V:** Mecánica de materiales compuestos y teoría de láminas **VI:** Refuerzo y rehabilitación de estructuras de concreto y mampostería con PRF **VII:** Materiales de base biológica y reciclados para la construcción sostenible **VIII:** Geopolímeros y sistemas aglutinantes alternativos **IX:** Degradación ambiental y desempeño a largo plazo de polímeros y composites

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar polímeros utilizados en la construcción y describir sus propiedades básicas [Familiarizarse] **II:** Caracterizar el comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos [Evaluar] **III:** Aplicar polímeros reforzados con fibra en aplicaciones de diseño estructural y rehabilitación [Usar] **IV:** Seleccionar adhesivos y selladores apropiados para aplicaciones específicas de construcción [Familiarizarse] **V:** Analizar láminas compuestas utilizando la teoría clásica de laminación [Usar] **VI:** Diseñar sistemas de refuerzo con PRF para estructuras existentes de concreto o mampostería [Evaluar] **VII:** Evaluar la sostenibilidad y el desempeño del ciclo de vida de los materiales de construcción de base biológica [Evaluar] **VIII:** Comparar aglutinantes geopoliméricos con sistemas tradicionales de cemento Portland [Familiarizarse] **IX:** Predecir la degradación a largo plazo de polímeros y composites bajo exposición ambiental [Usar]

Bibliografía: [Callister and Rethwisch, 2020]

5.8 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas, 5 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación **II:** Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas **III:** Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción **IV:** Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación **V:** Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras **VI:** Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia **VII:** Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz **VIII:** Ingeniería forense y evaluación de daños **IX:** Ensayos y enfoques de especificación basados en el desempeño **X:** Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar] **II:** Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar] **III:** Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar] **IV:** Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar] **V:** Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse] **VI:** Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar] **VII:** Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar] **VIII:** Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar] **IX:** Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar] **X:** Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.9 Diseño de Estructuras de Mampostería, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Materiales de mampostería, unidades y propiedades del mortero **II:** Diseño de muros de mampostería no reforzada para compresión y flexión **III:** Diseño y detalles de mampostería reforzada **IV:** Diseño sísmico de estructuras de mampostería y madera

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar tipos de unidades de mampostería y especificar el mortero apropiado para aplicaciones [Familiarizarse] **II:** Diseñar muros de mampostería no reforzada

para cargas gravitacionales y laterales [Evaluar] **III:** Dimensionar elementos de mampostería reforzada y especificar detalles del refuerzo [Usar] **IV:** Implementar disposiciones de diseño sísmico para edificios de mampostería y madera [Usar]

Bibliografía: [Drysdale and Hamid, 2008]

5.10 Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Propiedades de la madera, clasificación y valores de diseño **II:** Diseño de madera aserrada y madera laminada encolada **III:** Conexiones de madera, incluyendo clavos, pernos y conectores metálicos **IV:** Elementos de acero conformado en frío y propiedades de sección **V:** Sistemas de estructuras de acero liviano y su diseño **VI:** Productos de madera de ingeniería, incluyendo viguetas tipo I y madera compuesta estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar especies y grados de madera basándose en requisitos estructurales [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas, columnas y elementos con carga combinada de madera [Evaluar] **III:** Especificar conexiones de madera y calcular su capacidad [Usar] **IV:** Calcular propiedades efectivas de sección para elementos de acero conformado en frío [Evaluar] **V:** Diseñar montantes de muro y vigas de piso de acero liviano [Usar] **VI:** Aplicar productos de madera de ingeniería en sistemas de piso y techo [Evaluar]

Bibliografía: [Drysdale and Hamid, 2008]

5.11 Visitas de Obra, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Visita técnica a una planta de producción de materiales de construcción o a una obra en ejecución. **II:** Observación de los procesos de fabricación, control de calidad y uso en campo de materiales tradicionales, concreto, metales y compuestos. **III:** Elaboración de un informe técnico de la visita.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Relacionar las propiedades y procesos de los materiales de construcción estudiados en el curso con su aplicación real en obra [Usar].

Bibliografía: []

6. Bibliografía

[Blondet et al., 2003] Blondet, M., Garcia, G. V., and Brzev, S. (2003). Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial. Technical report, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia.

[Callister and Rethwisch, 2020] Callister, W. D. and Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley, 10th edition.

[Drysdale and Hamid, 2008] Drysdale, R. G. and Hamid, A. A. (2008). *Masonry Structures: Behavior and Design*. Masonry Society, 3rd edition.

[Kosmatka and Wilson, 2016] Kosmatka, S. and Wilson, M. (2016). *Design and Control of Concrete Mixtures*. Portland Cement Association (PCA), 16th edition.

[López, 2000] López, E. R. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Capítulo Peruano del American Concrete Institute, 1st edition.

[Neville, 2011] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CB1E2 Dibujo de Ingeniería II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CB1E1 Dibujo Técnico y CAD (2do Sem-Pág 324)

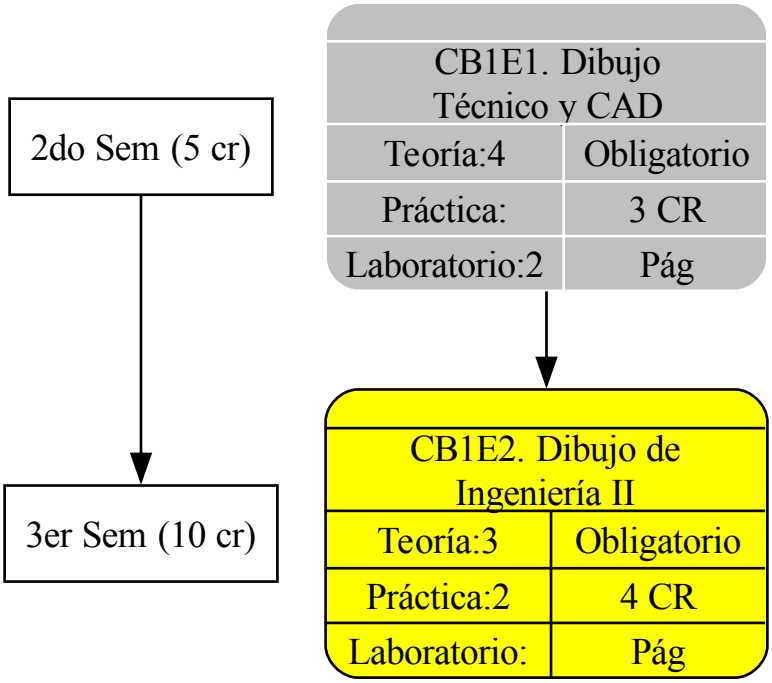


Figura 7.18: Mapa de Conexión. CB1E2 Dibujo de Ingeniería II

2. Fundamentación

El Dibujo de Ingeniería II es la continuación directa del Dibujo Técnico y CAD, profundizando en el dominio de la geometría descriptiva para resolver problemas posicionales y métricos avanzados que involucran líneas, planos, poliedros y superficies de revolución. El curso concluye con una introducción al Building Information Modeling (BIM), la metodología digital que se ha convertido en la práctica estándar para la entrega y gestión del ciclo de vida de proyectos de ingeniería civil, conectando los fundamentos gráficos construidos en el curso prerrequisito con los flujos de trabajo modernos de entrega digital de proyectos.

3. Objetivos del curso.

- Resolver problemas posicionales (paralelismo, perpendicularidad e intersecciones) entre líneas, planos y poliedros utilizando métodos de geometría descriptiva.

- Resolver problemas métricos, incluyendo la determinación de distancias verdaderas entre elementos geométricos.
- Representar superficies de revolución y determinar planos tangentes a superficies curvas.
- Aplicar conceptos y herramientas de Building Information Modeling (BIM) para producir y gestionar representaciones digitales de proyectos de ingeniería civil para su entrega digital y gestión de activos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Problemas de Posición y Métricos en Geometría Descriptiva, 28 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Métodos de vistas auxiliares y cambio de plano para resolver problemas de posición y métricos **II:** Paralelismo y perpendicularidad entre rectas y planos **III:** Intersecciones de planos, rectas y sólidos poliédricos **IV:** Problemas métricos: distancias reales entre puntos, rectas y planos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar métodos de vistas auxiliares y cambio de plano para resolver problemas de posición en proyección ortogonal [Usar] **II:** Determinar relaciones de paralelismo y perpendicularidad entre rectas y planos, y representar intersecciones de sólidos poliédricos [Usar] **III:** Calcular distancias reales entre elementos geométricos utilizando métodos de geometría descriptiva [Evaluar]

Bibliografía: [Luzadder and Duff, 1993, Pare et al., 1997]

5.2 Superficies de Revolución y Planos Tangentes, 26 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Generación y representación ortogonal de superficies de revolución: cilindros, conos, esferas y toros **II:** Problemas de ángulos entre rectas, planos y superficies **III:** El método de giro (cambio de proyección) como técnica auxiliar **IV:** Construcción de planos tangentes a superficies de revolución en un punto o por una recta exterior

Objetivos de Aprendizaje **I:** Representar superficies de revolución y sus vistas ortogonales principales [Usar] **II:** Aplicar el método de giro para determinar ángulos reales entre rectas, planos y superficies [Usar] **III:** Determinar planos tangentes a una superficie de revolución en un punto dado o por una recta exterior [Evaluar]

Bibliografía: [Pare et al., 1997]

5.3 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos, 16 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN **II:** Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico **III:** Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques **IV:** Plataformas de colaboración, Entornos de Datos

Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM **V:** Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural **VI:** Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales **VII:** Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM **VIII:** Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM) **IX:** Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse] **II:** Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar] **III:** Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar] **IV:** Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse] **V:** Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar] **VI:** Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse] **VII:** Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar] **VIII:** Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Eastman et al., 2018]

6. Bibliografía

[Eastman et al., 2018] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. Wiley, 3rd edition.

[Luzadder and Duff, 1993] Luzadder, W. and Duff, J. (1993). *Fundamentals of Engineering Drawing*. Prentice Hall, 11th edition.

[Pare et al., 1997] Pare, E. G., Loving, R. O., Hill, I. L., and Pare, R. C. (1997). *Descriptive Geometry*. Prentice Hall, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA121 Algebra Lineal I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA100 Matemática Básica (1er Sem-Pág 279)

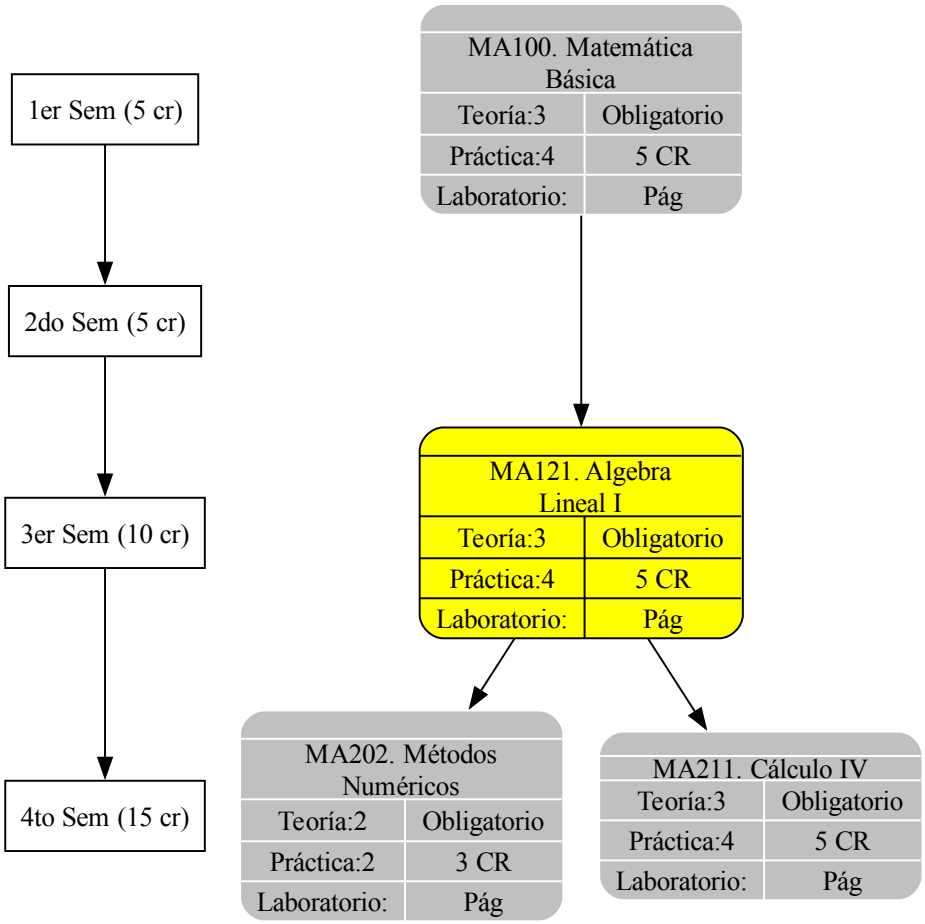


Figura 7.19: Mapa de Conexión. MA121 Algebra Lineal I

2. Fundamentación

Este curso introduce los conceptos fundamentales del álgebra lineal, proporcionando las bases matemáticas para el estudio de espacios vectoriales, transformaciones lineales y sistemas de ecuaciones lineales. Desarrolla el pensamiento abstracto y las habilidades de resolución de problemas a través de matrices, determinantes y vectores. El curso es fundamental para aplicaciones en ciencias, ingeniería y computación.

3. Objetivos del curso.

- Comprender los conceptos de espacios vectoriales y subespacios.
- Dominar las operaciones con matrices y los determinantes.
- Resolver sistemas de ecuaciones lineales utilizando diferentes métodos.
- Aplicar transformaciones lineales y calcular valores propios y vectores propios.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales, 28 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Factorizaciones LU, QR y Cholesky para resolver sistemas lineales de ingeniería **II:** Descomposición en Valores Singulares (SVD) y soluciones de mínimos cuadrados

Objetivos de Aprendizaje I: Resolver sistemas de ecuaciones lineales provenientes de problemas estructurales, eléctricos y de fluidos en ingeniería [Usar] **II:** Aplicar la SVD para resolver sistemas sobredeterminados en ajuste de datos y procesamiento de señales [Usar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016, Anton and Rorres, 2014]

5.2 Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Espacios vectoriales, subespacios, bases y dimensión **II:** Transformaciones lineales y sus representaciones matriciales en cambios de coordenadas

Objetivos de Aprendizaje I: Formular e interpretar transformaciones de sistemas de coordenadas para problemas de geometría en ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016, Anton and Rorres, 2014]

5.3 Valores Propios y Espacios con Producto Interno, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Valores propios, vectores propios y diagonalización con aplicaciones a vibración y estabilidad **II:** Espacios con producto interior, ortogonalidad y el proceso de Gram-Schmidt

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar la descomposición espectral de matrices simétricas para el análisis modal de estructuras mecánicas [Evaluar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016, Anton and Rorres, 2014]

6. Bibliografía

[Anton and Rorres, 2014] Anton, H. and Rorres, C. (2014). *Álgebra Lineal con Aplicaciones*. Limusa Wiley, 11th edition.

[Lay et al., 2016] Lay, D. C., Lay, S. R., and McDonald, J. J. (2016). *Álgebra Lineal y sus Aplicaciones*. Pearson, 5th edition.

[Strang, 2016] Strang, G. (2016). *Introduction to Linear Algebra*. Wellesley-Cambridge Press, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA210 Cálculo III (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA112 Cálculo II (2do Sem-Pág 327)

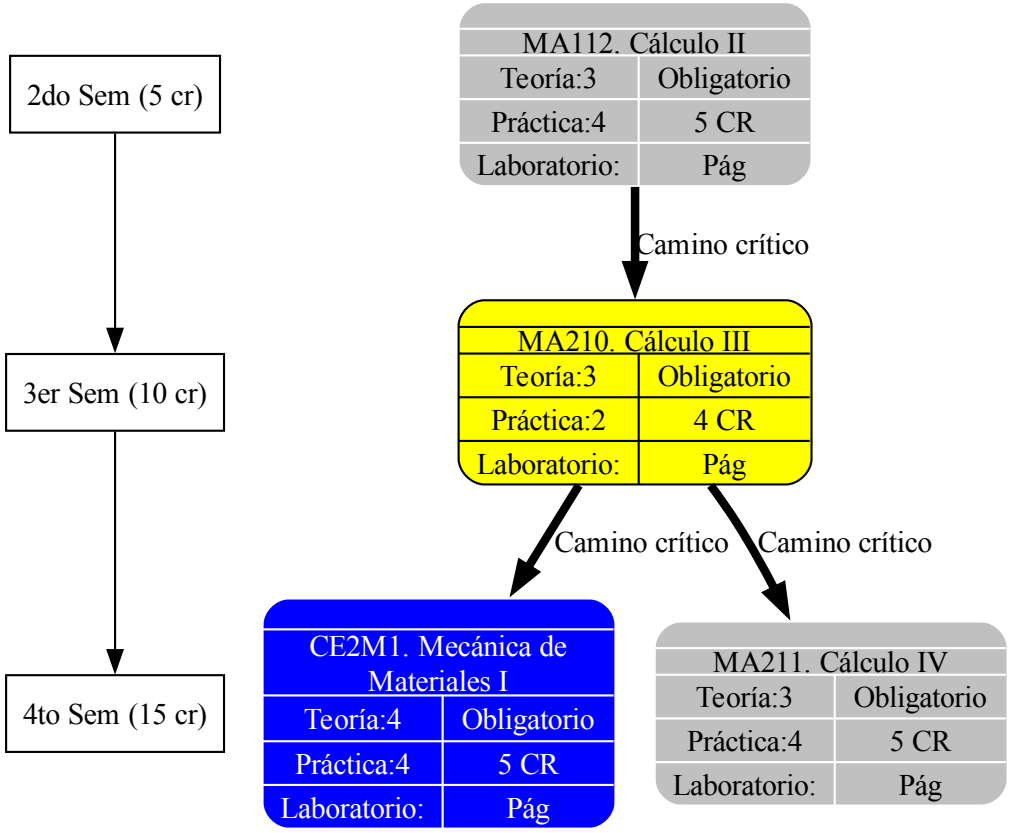


Figura 7.20: Mapa de Conexión. MA210 Cálculo III

2. Fundamentación

Este curso continúa el estudio del cálculo con funciones de varias variables, integrando conceptos de cálculo vectorial, derivadas parciales, integrales múltiples y aplicaciones geométricas y físicas, incluyendo integrales de línea y de superficie. Desarrolla habilidades para modelar y resolver problemas en tres dimensiones e introduce ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, proporcionando los fundamentos para áreas avanzadas como el análisis matemático, la física y la ingeniería.

3. Objetivos del curso.

- Comprender funciones de varias variables y sus derivadas parciales.

- Aplicar el cálculo diferencial e integral en tres dimensiones.
- Resolver problemas de optimización con múltiples variables.
- Dominar las integrales múltiples, de línea y de superficie, y sus aplicaciones.
- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y modelar sistemas físicos simples con ellas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Cálculo Multivariable y Vectorial, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Derivadas parciales y el vector gradiente **II:** Integrales múltiples en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas **III:** Campos vectoriales e integrales de línea y de superficie **IV:** Teoremas integrales: Green, Stokes y Gauss-Ostrogradski **V:** Aplicaciones al flujo, circulación y campos conservativos en contextos de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular gradientes y derivadas direccionales de campos escalares que describen magnitudes físicas [Usar] **II:** Evaluar integrales dobles y triples para calcular volúmenes, masas y centroides de objetos de ingeniería [Usar] **III:** Aplicar los teoremas de Stokes y de la Divergencia para relacionar integrales de campo en electromagnetismo y mecánica de fluidos [Evaluar] **IV:** Determinar si un campo de fuerza vectorial es conservativo y calcular su función potencial [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.2 Integrales Múltiples, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Integrales dobles sobre rectángulos y regiones generales; integrales iteradas (teorema de Fubini) **II:** Integrales dobles en coordenadas polares y fórmula de cambio de variable **III:** Integrales triples en coordenadas cartesianas y aplicaciones a volumen y masa **IV:** Integrales triples en coordenadas cilíndricas y esféricas **V:** Aplicaciones: área, volumen, centros de masa y momentos de inercia

Objetivos de Aprendizaje **I:** Evaluar integrales dobles y triples sobre regiones generales usando integrales iteradas [Usar] **II:** Aplicar cambios de coordenadas en sistemas polares, cilíndricos y esféricos para simplificar integrales múltiples [Usar] **III:** Calcular áreas, volúmenes y centros de masa usando integrales múltiples [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018]

5.3 Integrales de Línea y Campos Vectoriales, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Campos vectoriales: definición, visualización, divergencia y rotacional **II:** Integrales de línea de funciones escalares: longitud de arco y masa **III:** Integrales de línea de campos vectoriales: trabajo y circulación **IV:** Campos conservativos, funciones potencial e independencia de la trayectoria **V:** Teorema de Green y sus aplicaciones en el plano

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular integrales de línea escalares y vectoriales sobre curvas orientadas [Usar] **II:** Determinar si un campo vectorial es conservativo y construir su función potencial [Usar] **III:** Aplicar el Teorema de Green para evaluar integrales de línea mediante integrales dobles [Evaluar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Stewart, 2016]

5.4 Integrales de Superficie y Teoremas Fundamentales, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Superficies paramétricas, plano tangente y área de superficie **II:** Integrales de superficie de funciones escalares **III:** Integrales de flujo: integrales de superficie de campos vectoriales **IV:** Teorema de Stokes: relación entre integrales de línea e integrales de superficie **V:** Teorema de la Divergencia (Gauss): relación entre flujo e integral de volumen

Objetivos de Aprendizaje **I:** Parametrizar superficies y evaluar integrales de superficie escalares y de flujo [Usar] **II:** Aplicar los Teoremas de Stokes y de la Divergencia para reducir integrales complejas [Evaluar] **III:** Relacionar propiedades diferenciales locales (rotacional, divergencia) con el comportamiento global mediante teoremas integrales [Evaluar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Apostol, 1969]

5.5 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO), 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ecuaciones de primer orden: formas separables, lineales y exactas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Stewart, 2016]

6. Bibliografía

[Apostol, 1969] Apostol, T. M. (1969). *Calculus, Volume II: Multi-Variable Calculus and Linear Algebra*. Wiley, 2nd edition.

[Boyce et al., 2017] Boyce, W. E., DiPrima, R. C., and Meade, D. B. (2017). *Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera*. Limusa Wiley, 11th edition.

[Larson and Edwards, 2018] Larson, R. and Edwards, B. H. (2018). *Cálculo Volumen 2*. Cengage Learning, 10th edition.

[Marsden and Tromba, 2003] Marsden, J. E. and Tromba, A. J. (2003). *Cálculo Vectorial*. Pearson, 5th edition.

[Stewart, 2016] Stewart, J. (2016). *Cálculo de varias variables: Trascendentes tempranas*. Cengage Learning, 8th edition.

[Thomas et al., 2014] Thomas, G. B., Weir, M. D., and Hass, J. (2014). *Cálculo de varias variables*. Pearson, 13th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BFI102 Física II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BFI101 Física I (2do Sem-Pág 331)

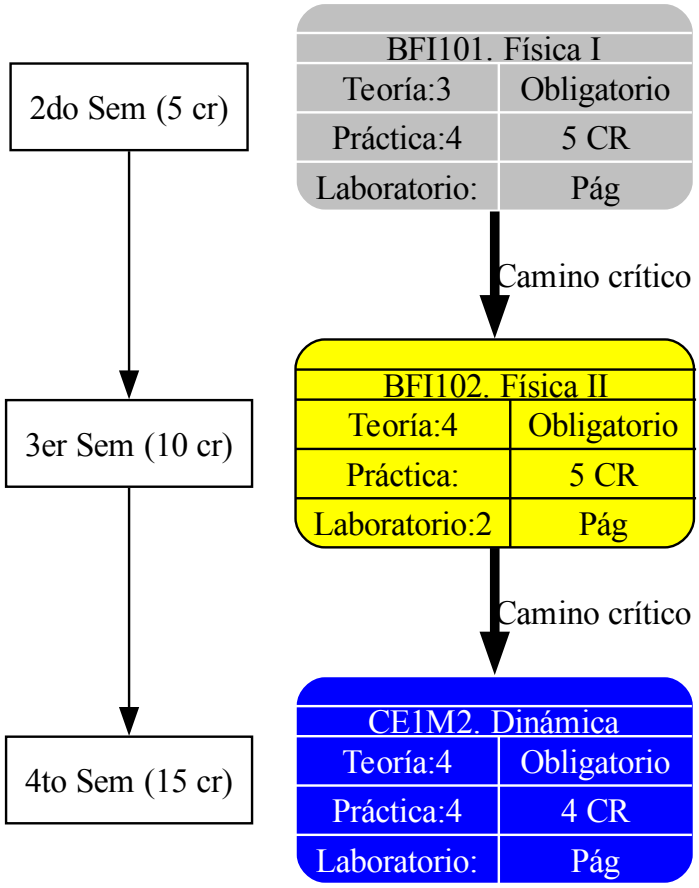


Figura 7.21: Mapa de Conexión. BFI102 Física II

2. Fundamentación

Física II consolida los fundamentos de la mecánica clásica avanzada y del electromagnetismo. La teoría de pequeñas oscilaciones y osciladores acoplados proporciona el marco analítico para el estudio de sistemas vibratorios en ingeniería y ciencias. La mecánica del continuo proporciona las herramientas esenciales para el análisis de sólidos elásticos y fluidos. El estudio del electromagnetismo, desde la electrostática hasta la inducción electromagnética, es fundamental en tecnología, instrumentación científica y exploración geofísica.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la teoría de pequeñas oscilaciones al análisis de sistemas con múltiples grados de libertad para determinar sus modos normales de vibración.
- Comprender los fundamentos de la mecánica del continuo para el análisis de sólidos elásticos y fluidos en aplicaciones de ingeniería y científicas.
- Resolver problemas de electrostática, dieléctricos y circuitos de corriente continua utilizando las leyes fundamentales del campo electromagnético.
- Analizar la magnetostática y la inducción electromagnética en el estudio de dispositivos y sistemas basados en el electromagnetismo.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

5. Contenido

5.1 Teoría de Pequeñas Oscilaciones y Osciladores Acoplados, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Aproximación de pequeñas oscilaciones mediante expansión de Taylor alrededor de un equilibrio estable **II:** Osciladores acoplados y la formulación matricial de las ecuaciones de movimiento **III:** Modos normales y autofrecuencias derivadas del problema de autovalores **IV:** Osciladores amortiguados: regímenes subamortiguado, críticamente amortiguado y sobreamortiguado

Objetivos de Aprendizaje **I:** Linealizar las ecuaciones de movimiento alrededor de un punto de equilibrio estable [Usar] **II:** Encontrar las frecuencias y autovectores de los modos normales para sistemas de dos osciladores acoplados [Usar]

Bibliografía: [Marion and Thornton, 2003, French, 1971]

5.2 Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Hipótesis del continuo y definición de campos de densidad **II:** Tensor de tensión σ_{ij} y el concepto de fuerza por unidad de área **III:** Tensor de deformación ϵ_{ij} como medida de la deformación local **IV:** Ley de Hooke para materiales isotrópicos: $\sigma_{ij} = \lambda\epsilon_{kk}\delta_{ij} + 2\mu\epsilon_{ij}$ **V:** Ecuación de Navier-Stokes para fluidos viscosos: $\rho\left(\frac{\partial\vec{v}}{\partial t} + \vec{v}\cdot\nabla\vec{v}\right) = -\nabla p + \mu\nabla^2\vec{v} + \vec{f}$ **VI:** Principio de Bernoulli para flujo de fluidos no viscosos e incompresibles **VII:** Conservación de la masa y la ecuación de continuidad: $\frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\vec{v}) = 0$ **VIII:** Conservación del momento expresada en forma de mecánica de medios continuos **IX:** Propagación de ondas en medios elásticos incluyendo ondas P y ondas S **X:** Viscosidad y reología de fluidos no Newtonianos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Interpretar el significado físico de las componentes del tensor de tensión [Familiarizarse] **II:** Calcular las componentes del tensor de deformación para deformaciones simples [Usar] **III:** Aplicar la ley de Hooke para relacionar tensión y deformación en materiales elásticos isotrópicos [Usar] **IV:** Simplificar la ecuación de Navier-Stokes para casos especiales como flujo estacionario o no viscoso [Usar] **V:** Aplicar el principio de Bernoulli para calcular variaciones de presión en el flujo de fluidos [Usar] **VI:** Deducir la ecuación de continuidad a partir del principio de conservación de la masa [Usar] **VII:** Analizar diferentes modos de propagación de ondas en sólidos elásticos [Evaluar]

Bibliografía: [Marion and Thornton, 2003, Serway and Jewett, 2018]

5.3 Electrostática: Campo Eléctrico y Ley de Gauss, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ley de Coulomb para cargas puntuales y el principio de superposición lineal **II:** El vector campo eléctrico $\vec{E}$ para distribuciones de carga discretas y continuas **III:** Ley de Gauss en forma integral y su relación con la carga encerrada **IV:** Forma diferencial de la Ley de Gauss: $\nabla \cdot \vec{E} = \rho/\epsilon_0$ **V:** Aplicaciones de la Ley de Gauss a configuraciones esféricas y cilíndricas de ingeniería **VI:** El Teorema de la Divergencia aplicado a campos electrostáticos de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la fuerza electrostática neta sobre una distribución de cargas usando superposición [Usar] **II:** Aplicar la Ley de Gauss para determinar el campo eléctrico en sistemas de alta simetría [Usar] **III:** Evaluar el flujo eléctrico a través de superficies de interés en aplicaciones de ingeniería [Evaluar] **IV:** Determinar la densidad volumétrica de carga a partir de una expresión dada del campo eléctrico [Usar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017, Young and Freedman, 2015]

5.4 Potencial Eléctrico y Ecuaciones de Poisson/Laplace, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición del potencial escalar V y la relación $\vec{E} = -\nabla V$ **II:** Cálculo del potencial para distribuciones de carga continuas en ingeniería **III:** Ecuación de Poisson $\nabla^2 V = -\rho/\epsilon_0$ y ecuación de Laplace **IV:** Solución de la ecuación de Laplace por separación de variables en geometrías de ingeniería **V:** El método de las imágenes para calcular campos cerca de fronteras conductoras de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la energía potencial electrostática de una configuración de cargas [Usar] **II:** Derivar el vector campo eléctrico a partir de un potencial escalar dado [Usar] **III:** Resolver la ecuación de Laplace para una geometría de ingeniería con condiciones de frontera especificadas [Evaluar] **IV:** Aplicar el método de las imágenes a problemas de ingeniería que involucran conductores aterrizados [Usar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017]

5.5 Energía Electrostática y Dieléctricos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Densidad de energía en el campo eléctrico: $u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ **II:** Capacitancia $C = Q/V$ para geometrías estándar de ingeniería **III:** El vector desplazamiento $\vec{D}$ y la Ley de Gauss en medios dieléctricos **IV:** Dieléctricos lineales, susceptibilidad eléctrica y permitividad relativa ϵ_r **V:** Condiciones de frontera para $\vec{E}$ y $\vec{D}$ en interfaces de materiales de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la capacitancia de capacitores de placas paralelas y coaxiales con dieléctricos [Usar] **II:** Evaluar distribuciones de carga ligada en materiales dieléctricos polarizados [Evaluar] **III:** Resolver los campos eléctricos a ambos lados de una interfaz dieléctrica usando condiciones de frontera [Usar] **IV:** Analizar la fuerza sobre una losa dieléctrica en un capacitor parcialmente insertado [Evaluar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017, Serway and Jewett, 2018]

5.6 Corriente Eléctrica, Circuitos y Leyes de Kirchhoff, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición de corriente, densidad de corriente y la ecuación de continuidad **II:** Ley de Ohm, resistividad y dependencia de la resistencia con la temperatura **III:** Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK) para el análisis nodal de circuitos **IV:** Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK) para

el análisis de mallas de circuitos **V:** Simplificación de circuitos en serie y paralelo y resistencias equivalentes **VI:** Transitorios en circuitos RC y RL y constantes de tiempo en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar la LCK y la LVK para resolver circuitos de corriente continua de múltiples mallas en ingeniería [Usar] **II:** Calcular la potencia disipada en elementos resistivos de circuitos de ingeniería [Evaluar] **III:** Analizar la respuesta transitoria de circuitos RC y RL y determinar la constante de tiempo [Usar] **IV:** Diseñar una red de resistores que cumpla con divisiones de voltaje o distribuciones de corriente especificadas [Evaluar]

Bibliografía: [Serway and Jewett, 2018, Young and Freedman, 2015]

5.7 Magnetostática: Leyes de Biot-Savart y Ampere, 7 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ley de fuerza de Lorentz: $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$ **II:** Fuerza magnética sobre conductores con corriente y espiras **III:** Ley de Biot-Savart para el campo magnético de un elemento de corriente **IV:** Ley de Ampere en forma integral para configuraciones de ingeniería con alta simetría **V:** El potencial vectorial magnético $\vec{A}$ y $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el campo magnético de solenoides y toroides usando la Ley de Ampere [Usar] **II:** Calcular el campo magnético en el eje de una espira de corriente usando la Ley de Biot-Savart [Usar] **III:** Verificar que un campo magnético dado satisface la condición $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ [Evaluar] **IV:** Analizar el torque sobre una espira de corriente en un campo magnético no uniforme [Evaluar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017, Young and Freedman, 2015]

5.8 Propiedades Magnéticas de la Materia, 7 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: El vector magnetización $\vec{M}$ como momento dipolar magnético por unidad de volumen **II:** La intensidad de campo magnético $\vec{H}$ y la Ley de Ampere en la materia **III:** Principios físicos del diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo en materiales de ingeniería **IV:** Dominios ferromagnéticos y el ciclo de histéresis para la selección de materiales de ingeniería **V:** Medios magnéticos lineales y permeabilidad magnética μ

Objetivos de Aprendizaje I: Determinar las distribuciones de corriente ligada en materiales de ingeniería magnetizados [Usar] **II:** Clasificar materiales como diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos para su aplicación en ingeniería [Evaluar] **III:** Analizar la pérdida de energía por ciclo a partir del ciclo de histéresis para la selección del núcleo de un transformador [Evaluar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017]

5.9 Electrodinámica: Ley de Faraday e Inducción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ley de inducción de Faraday y Ley de Lenz **II:** Autoinductancia L y la fuerza contraelectromotriz en inductores de ingeniería **III:** Inductancia mutua M y principios del transformador **IV:** Energía almacenada en el campo magnético de inductores de ingeniería **V:** Corrientes de Foucault, frenado magnético y pérdidas en el núcleo de máquinas eléctricas

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular la fuerza electromotriz inducida en una bobina rotante y relacionarla con el funcionamiento de un generador [Usar] **II:** Aplicar la Ley de Lenz para determinar la dirección de las corrientes inducidas en escenarios de ingeniería [Evaluar] **III:** Calcular la energía magnética almacenada en un solenoide o inductor toroidal de ingeniería [Usar] **IV:** Evaluar la inductancia mutua entre bobinas acopladas para el diseño de transformadores [Evaluar]

Bibliografía: [Griffiths, 2017, Serway and Jewett, 2018]

6. Bibliografía

[French, 1971] French, A. P. (1971). *Vibrations and Waves*. W. W. Norton & Company.

[Griffiths, 2017] Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to Electrodynamics*. Cambridge University Press, 4th edition.

[Marion and Thornton, 2003] Marion, J. B. and Thornton, S. T. (2003). *Classical Dynamics of Particles and Systems*. Thomson Brooks/Cole, 5th edition.

[Serway and Jewett, 2018] Serway, R. A. and Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Cengage Learning, 10th edition.

[Young and Freedman, 2015] Young, H. D. and Freedman, R. A. (2015). *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics*. Pearson Education, 14th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ID102 Inglés II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 3er Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - ID101 Inglés I (2do Sem-Pág 336)

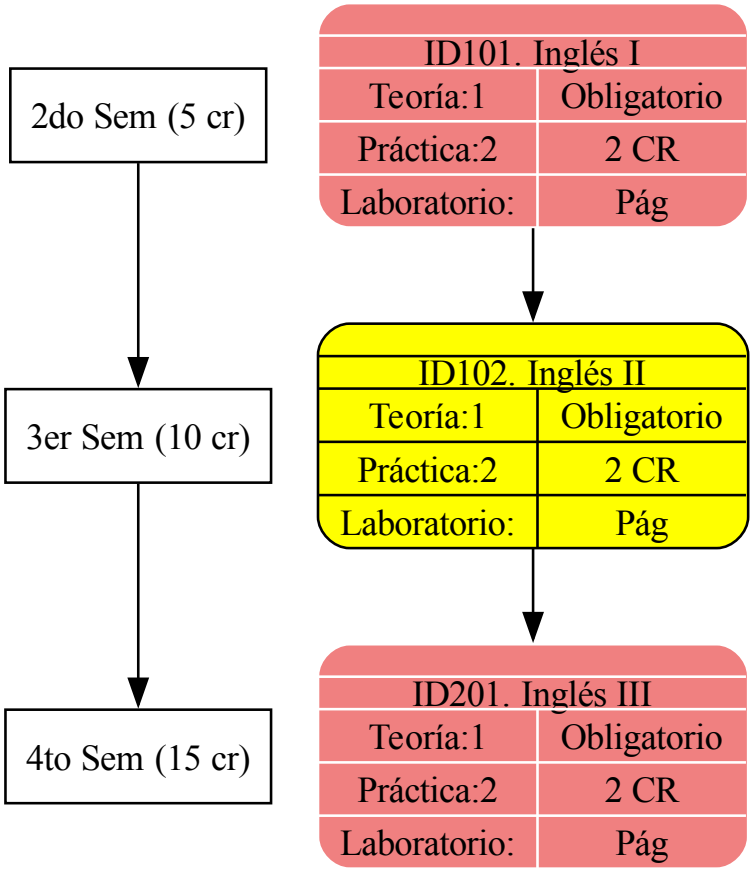


Figura 7.22: Mapa de Conexión. ID102 Inglés II

2. Fundamentación

Sobre la base de las habilidades fundamentales del inglés, este curso desarrolla la capacidad del estudiante para comunicarse en contextos técnicos y científicos con mayor fluidez. Las estructuras gramaticales se practican mediante la lectura y producción de descripciones de sistemas tecnológicos, fenómenos científicos y procesos de ingeniería. Los estudiantes adquieren vocabulario relevante para la computación, los datos y las ciencias físicas.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar fluidez en inglés aplicado a la comunicación técnica y científica.
- Ampliar el vocabulario en computación, datos y dominios de ingeniería.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Avances y Descubrimientos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Repaso de Pasado Simple: Afirmativo y Negativo en contextos científicos. **II:** Expresiones de tiempo con 'ago': Cuándo se inventaron o lanzaron tecnologías. **III:** Conjunciones: and, so, but, because — estructuración de explicaciones técnicas. **IV:** Vocabulario: Hitos científicos, inventos y descubrimientos tecnológicos.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar la unidad, el estudiante narra avances tecnológicos pasados y conecta relaciones causa-efecto utilizando el pasado simple y conjunciones (e.g., "Scientists discovered X, so engineers developed Y").

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.2 Datos y Variables, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Sustantivos contables e incontables en computación: files, data, code, memory. **II:** Uso de some, any, a lot of para cuantificar recursos técnicos. **III:** Expresiones de cantidad: a little memory, a few errors, too many processes. **IV:** Vocabulario: Tipos de datos, variables, constantes y unidades de almacenamiento.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante utiliza correctamente estructuras de sustantivos contables e incontables para describir datos, recursos y estados del sistema en contextos técnicos.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.3 El Futuro de la Tecnología, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Planes futuros: Verb + to + infinitive en la planificación de proyectos. **II:** Uso de 'Will' vs 'Going to' para predicciones y lanzamientos programados. **III:** Verbos auxiliares para pronosticar: tendencias de IA, computación en la nube, computación cuántica. **IV:** Vocabulario: Tecnologías emergentes y trayectorias profesionales en computación.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante expresa intenciones tecnológicas y planes de proyecto, además de realizar predicciones basadas en evidencia sobre tendencias en computación e ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.4 Comparando Tecnologías, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Adjetivos comparativos y superlativos aplicados a hardware y software. **II:** Comparación de lenguajes de programación, sistemas operativos y algoritmos. **III:** Sinónimos y antónimos en vocabulario técnico. **IV:** Lectura: Artículos cortos de comparación tecnológica e informes de benchmarks.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante realiza comparaciones técnicas detalladas entre sistemas, lenguajes y herramientas, utilizando estructuras comparativas y superlativas con precisión.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.5 Procesos en Ejecución, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Presente Continuo para describir procesos técnicos activos y en curso. **II:** Uso actual: "The server is processing requests." **III:** Uso futuro con Presente Continuo: despliegues y experimentos programados. **IV:** Redacción: Actualizaciones de estado e informes de avance en proyectos técnicos.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe procesos computacionales activos, experimentos en curso y actividades técnicas programadas utilizando la forma del presente continuo.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.6 Hitos del Software, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Introducción al Presente Perfecto para describir logros con relevancia actual. **II:** Palabras clave: ever, never, yet, just — aplicadas a versiones de software e investigación. **III:** Vocabulario: Historial de versiones, parches, actualizaciones, artículos publicados. **IV:** Lectura: Noticias tecnológicas y changelogs de software.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante comunica logros técnicos e hitos de software con relevancia presente, sin especificar un tiempo exacto, utilizando el presente perfecto.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.7 Desafíos Técnicos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Adjetivos terminados en -ed e -ing para describir experiencias y procesos técnicos. **II:** Verbos modales de obligación: must, have to — aplicados a requisitos de ingeniería. **III:** Vocabulario: Desafíos de ingeniería, restricciones, trade-offs y estándares. **IV:** Redacción: Planteamiento corto de un problema técnico.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe los aspectos técnicos de los desafíos de ingeniería y expresa obligaciones y restricciones utilizando vocabulario especializado.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.8 Inglés para Tecnología II, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Terminología técnica: Dispositivos de entrada/salida, almacenamiento y periféricos. **II:** Lectura y seguimiento de instrucciones de instalación y configuración de software. **III:** Comunicación en soporte técnico: Descripción de síntomas y soluciones. **IV:** Presentación: Describir un sistema computacional a una audiencia no especializada.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar el curso, el estudiante interpreta instrucciones técnicas, describe componentes de hardware y comunica conceptos básicos de computación a audiencias diversas en inglés.

Bibliografía: [Soars and John, 2002, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

6. Bibliografía

[Cambridge, 2006] Cambridge (2006). *Diccionario Inglés-Espanol Cambridge*. Editorial Oxford.

[MacGrew, 1999] MacGrew, J. (1999). *Focus on Grammar Basic*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002] Soars, L. and John (2002). *American Headway N 1 Student Book*. Editorial Oxford.

Cuarto Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE1M2 Dinámica (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
  - BFI102 Física II (3er Sem-Pág 360)

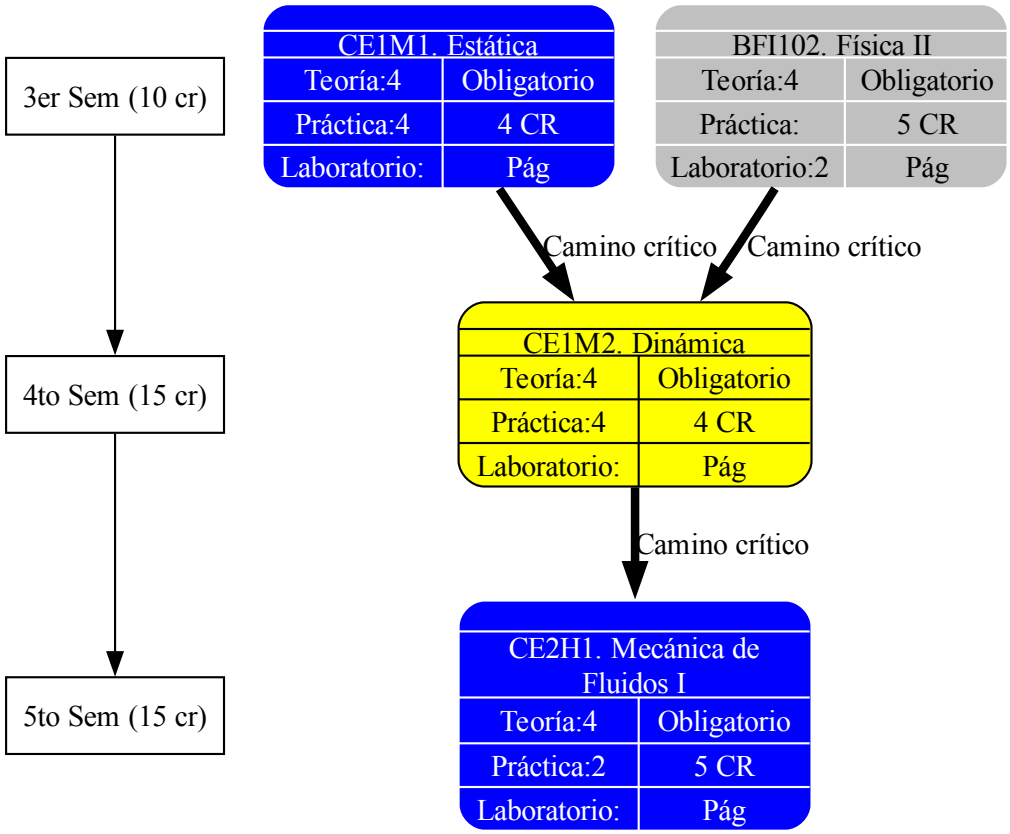


Figura 7.23: Mapa de Conexión. CE1M2 Dinámica

2. Fundamentación

La dinámica estudia el movimiento acelerado de partículas y cuerpos rígidos bajo la acción de fuerzas. En la Ingeniería Civil, este conocimiento es esencial para el análisis de estructuras sometidas a cargas variables en el tiempo, como sismos, viento, tráfico vehicular y maquinaria pesada. Proporciona la base para cursos avanzados como Ingeniería Sísmica y Análisis Estructural Dinámico.

3. Objetivos del curso.

- Analizar la cinemática de partículas y cuerpos rígidos en diversos sistemas de coordenadas.
- Aplicar las leyes de Newton, los principios de trabajo y energía, y el impulso y cantidad de movimiento para resolver problemas de cinética.
- Modelar y resolver problemas de vibraciones mecánicas de un grado de libertad para evaluar la respuesta estructural.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Cinemática de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Traslación y rotación alrededor de un eje fijo **II:** Movimiento plano general: velocidad y aceleración relativas, y el centro instantáneo de rotación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Determinar la velocidad y aceleración de cualquier punto en un mecanismo plano utilizando el centro instantáneo de rotación [Usar] **II:** Explicar la diferencia entre traslación, rotación alrededor de un eje fijo y movimiento plano general [Familiarizarse]

Bibliografía: [Hibbeler, 2016]

5.2 Cinética de Cuerpos Rígidos en Movimiento Plano, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Ecuaciones de movimiento para un cuerpo rígido en movimiento plano **II:** Energía cinética de un cuerpo rígido y el principio de trabajo y energía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar las ecuaciones de movimiento para relacionar las fuerzas externas con la aceleración angular de cuerpos rígidos [Evaluar] **II:** Analizar problemas de movimiento de cuerpos rígidos mediante el principio de trabajo y energía [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2016]

5.3 Introducción a las Vibraciones Estructurales, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Vibración libre no amortiguada de un sistema de un grado de libertad **II:** Péndulo simple y modelos masa-resorte **III:** Conceptos de frecuencia natural, periodo y amplitud **IV:** Introducción a la vibración libre amortiguada

Objetivos de Aprendizaje **I:** Modelar sistemas estructurales simples como sistemas de un grado de libertad [Usar] **II:** Calcular la frecuencia natural de una estructura para evitar fenómenos básicos de resonancia [Evaluar] **III:** Describir el efecto del amortiguamiento en la respuesta de vibración libre de un sistema estructural [Familiarizarse] **IV:** Interpretar los parámetros de periodo y amplitud a partir de la respuesta de vibración libre de una estructura [Usar]

Bibliografía: [Bedford and Fowler, 2008]

6. Bibliografía

[Bedford and Fowler, 2008] Bedford, A. and Fowler, W. (2008). *Engineering Mechanics: Dynamics*. Prentice Hall, 5th edition.

[Hibbeler, 2016] Hibbeler, R. (2016). *Engineering Mechanics: Dynamics*. Pearson, 14th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C3 Tecnología del Concreto I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)

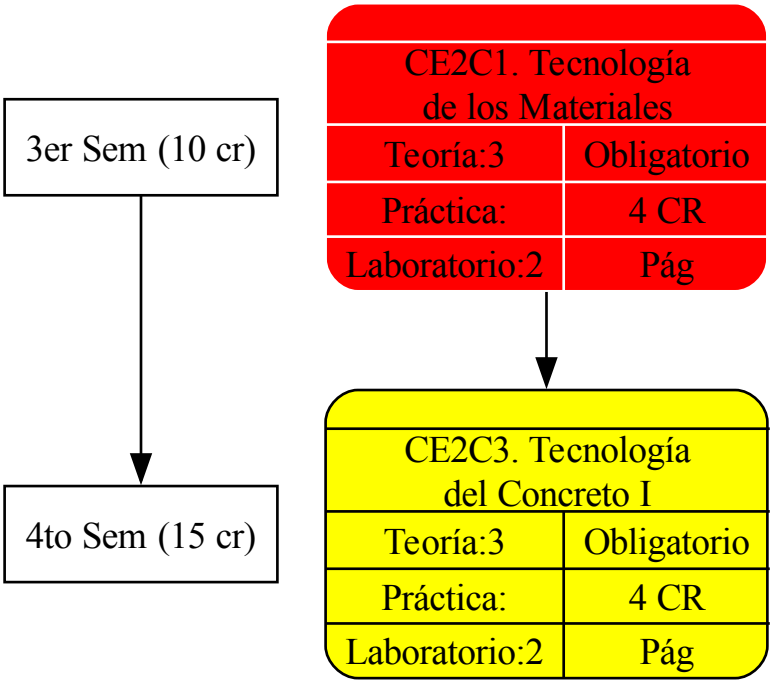


Figura 7.24: Mapa de Conexión. CE2C3 Tecnología del Concreto I

2. Fundamentación

Tecnología del Concreto I profundiza en la ciencia de los materiales de construcción y la tecnología del concreto: materiales cementantes avanzados, concretos especiales y concreto en climas extremos, transporte y colocación, y control estadístico de la calidad. El curso incluye además materiales poliméricos y compuestos sostenibles, y cierra con la rehabilitación, el refuerzo y el retrofitting estructural.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la ciencia de materiales a la selección de materiales de construcción y materiales cementantes avanzados.
- Diseñar y controlar la calidad de concretos especiales y en climas extremos, incluyendo su transporte y colocación.
- Aplicar el control estadístico de calidad a la producción de concreto.
- Evaluar y diseñar intervenciones de rehabilitación, refuerzo y retrofitting estructural.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ciencia de Materiales de Construcción, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, incluyendo densidad, porosidad, resistencia y elasticidad **II:** Microestructura y composición de fases de los materiales de construcción **III:** Mecanismos de durabilidad, incluyendo intemperismo, ataque químico y degradación ambiental **IV:** Propiedades térmicas e higrotérmicas de los materiales de construcción **V:** Estructuras cristalinas y amorfas en los materiales de construcción **VI:** Criterios de selección de materiales basados en requisitos de desempeño **VII:** Mecanismos de degradación y predicción de la vida útil

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las propiedades físicas y mecánicas fundamentales de los principales materiales de construcción [Familiarizarse] **II:** Analizar la relación entre la microestructura y las propiedades macroscópicas de los materiales [Evaluar] **III:** Evaluar el desempeño en durabilidad de los materiales bajo condiciones ambientales específicas [Usar] **IV:** Explicar los efectos de las variaciones térmicas e higrotérmicas en el comportamiento de los materiales [Familiarizarse] **V:** Seleccionar materiales de construcción apropiados basándose en especificaciones de diseño y criterios de desempeño [Evaluar] **VI:** Predecir la vida útil y los patrones de degradación de los materiales en diversos entornos [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.2 Tecnología del Concreto y Materiales Cementantes Avanzados, 25 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Química del cemento Portland y proceso de hidratación **II:** Propiedades de los agregados y requisitos de gradación **III:** Metodología de diseño de mezclas para concreto de resistencia normal **IV:** Propiedades del concreto fresco, incluyendo trabajabilidad, revenimiento y tiempo de fraguado **V:** Propiedades del concreto endurecido, incluyendo resistencia, módulo de elasticidad y contracción **VI:** Aditivos químicos y minerales para el concreto **VII:** Diseño de concreto de alto desempeño y alta resistencia **VIII:** Concreto autocompactante y concreto reforzado con fibras **IX:** Aspectos de durabilidad, incluyendo reacción álcali-sílice, ataque por sulfatos y ciclos de congelación-descongelación **X:** Tecnologías de concreto sostenible y de bajo carbono

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir la química del cemento Portland y el proceso de hidratación [Familiarizarse] **II:** Evaluar la calidad y la idoneidad de los agregados para la producción de concreto [Evaluar] **III:** Diseñar mezclas de concreto para cumplir con requisitos específicos de resistencia y trabajabilidad [Usar] **IV:** Probar e interpretar las propiedades del concreto fresco utilizando procedimientos estándar [Evaluar] **V:** Predecir las propiedades del concreto endurecido basándose en las proporciones de la mezcla y las condiciones de curado [Usar] **VI:** Explicar la función y los efectos de varios aditivos para concreto [Familiarizarse] **VII:** Formular mezclas de concreto de alto desempeño para aplicaciones demandantes [Usar] **VIII:** Seleccionar concretos especiales apropiados para escenarios de construcción específicos [Evaluar] **IX:** Incorporar materiales cementantes suplementarios para optimizar el desempeño del concreto [Usar]

X: Analizar riesgos de durabilidad y especificar medidas de protección para estructuras de concreto [Evaluar] **XI:** Comparar los impactos ambientales y las huellas de carbono de diferentes formulaciones de concreto [Familiarizarse]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.3 Materiales Poliméricos, Compuestos y Sostenibles para la Construcción, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Química de polímeros y clasificación de los polímeros de construcción **II:** Comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos **III:** Composites de polímero reforzado con fibra y sus aplicaciones estructurales **IV:** Adhesivos, selladores y materiales impermeabilizantes **V:** Mecánica de materiales compuestos y teoría de láminas **VI:** Refuerzo y rehabilitación de estructuras de concreto y mampostería con PRF **VII:** Materiales de base biológica y reciclados para la construcción sostenible **VIII:** Geopolímeros y sistemas aglutinantes alternativos **IX:** Degradación ambiental y desempeño a largo plazo de polímeros y composites

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar polímeros utilizados en la construcción y describir sus propiedades básicas [Familiarizarse] **II:** Caracterizar el comportamiento mecánico y térmico de los materiales poliméricos [Evaluar] **III:** Aplicar polímeros reforzados con fibra en aplicaciones de diseño estructural y rehabilitación [Usar] **IV:** Seleccionar adhesivos y selladores apropiados para aplicaciones específicas de construcción [Familiarizarse] **V:** Analizar láminas compuestas utilizando la teoría clásica de laminación [Usar] **VI:** Diseñar sistemas de refuerzo con PRF para estructuras existentes de concreto o mampostería [Evaluar] **VII:** Evaluar la sostenibilidad y el desempeño del ciclo de vida de los materiales de construcción de base biológica [Evaluar] **VIII:** Comparar aglutinantes geopoliméricos con sistemas tradicionales de cemento Portland [Familiarizarse] **IX:** Predecir la degradación a largo plazo de polímeros y composites bajo exposición ambiental [Usar]

Bibliografía: [Callister and Rethwisch, 2020]

5.4 Concretos Especiales y Concreto en Climas Extremos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Concreto en clima cálido: efectos del calor en la hidratación, retardadores y métodos de curado **II:** Concreto en clima frío: protección contra congelamiento, aceleradores y métodos de protección **III:** Concreto ligero estructural: materiales, propiedades y diseño de mezcla **IV:** Concreto en masa y concreto pesado: control del calor de hidratación y aplicaciones **V:** Concreto proyectado (shotcrete): mezclas, proceso de aplicación y control de calidad **VI:** Concreto para estructuras subacuáticas: mezclas antilavado y métodos de colocación **VII:** Concreto permeable y concreto arquitectónico: propiedades y aplicaciones

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar los efectos del clima cálido y frío sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido [Familiarizarse] **II:** Aplicar medidas preventivas y correctivas para la producción y colocación de concreto en condiciones climáticas adversas [Usar] **III:** Seleccionar el tipo de concreto especial adecuado según los requerimientos funcionales y ambientales del proyecto [Evaluar] **IV:** Diseñar mezclas de concreto ligero que cumplan con los requerimientos de resistencia y densidad especificados [Usar] **V:** Especificar procedimientos de mezcla, transporte y colocación de concreto proyectado para aplicaciones en túneles y taludes [Usar] **VI:** Evaluar la idoneidad de concretos especiales para condiciones de exposición extrema [Evaluar] **VII:** Desarrollar especificaciones para concreto en condiciones de temperatura extrema siguiendo normas ACI 305 y ACI 306 [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.5 Transporte y Colocación del Concreto, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Transporte en camión mezclador: tiempo máximo de entrega, verificación del asentamiento y condiciones admisibles **II:** Bombeo del concreto: diseño de mezclas bombeables, presión de operación, alcance y prevención de atascos **III:** Métodos de colocación: vertido directo, canales, cubetas y colocación por grúa **IV:** Compactación del concreto: vibración interna y externa, frecuencia, amplitud y profundidad de inmersión **V:** Colocación de concreto bajo agua por método tremie y en condiciones especiales de acceso **VI:** Sistemas de transporte por faja transportadora y neumáticos para grandes volúmenes de concreto **VII:** Acabado superficial del concreto: nivelado, alisado, texturizado y curado inmediato

Objetivos de Aprendizaje **I:** Planificar el transporte del concreto considerando distancia de entrega, tiempo de fraguado y condiciones ambientales [Usar] **II:** Ejecutar procedimientos normalizados de colocación del concreto para distintos tipos de elementos estructurales [Usar] **III:** Aplicar técnicas de vibración correctas para lograr la consolidación uniforme del concreto [Usar] **IV:** Evaluar la calidad de la colocación del concreto e identificar deficiencias como segregación, nidos de grava y juntas frías [Evaluar] **V:** Diseñar mezclas de concreto bombeables para condiciones específicas de altura y distancia de bombeo [Usar] **VI:** Especificar métodos de colocación para estructuras de acceso restringido o colocación bajo agua [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes de colocación que minimicen juntas frías y garanticen la continuidad del concreto en elementos de gran dimensión [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.6 Control Estadístico de la Calidad del Concreto, 3 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Procedimientos de muestreo y elaboración de especímenes de concreto fresco según normas ASTM **II:** Ensayo de resistencia a la compresión: procedimiento, frecuencia mínima y condiciones de ensayo **III:** Estadísticas básicas aplicadas al concreto: media, desviación estándar y coeficiente de variación **IV:** Criterios de aceptación del concreto según ACI 318 y normativas equivalentes **V:** Gráficos de control estadístico ($\bar{X}$, R) para el monitoreo continuo de la producción de concreto **VI:** Análisis de resultados no conformes: procedimientos de investigación, ensayos adicionales y decisiones estructurales **VII:** Índices de capacidad del proceso (C_p, C_{pk}) y ajuste de la resistencia promedio de diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar procedimientos normalizados de muestreo y fabricación de especímenes de concreto en obra [Usar] **II:** Interpretar resultados de ensayos de resistencia a la compresión y determinar su validez [Evaluar] **III:** Calcular parámetros estadísticos básicos a partir de series de resultados de resistencia del concreto [Usar] **IV:** Evaluar la aceptación o rechazo del concreto aplicando los criterios normativos de ACI 318 [Evaluar] **V:** Construir gráficos de control estadístico para el seguimiento continuo de la producción de concreto [Usar] **VI:** Diagnosticar causas de variabilidad excesiva y proponer acciones correctivas en la producción de concreto [Evaluar] **VII:** Determinar la resistencia promedio de diseño (f'_{cr}) considerando la variabilidad estadística del proceso productivo [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.7 Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Evaluación de condiciones y procedimientos de evaluación estructural **II:** Calificación de carga y evaluación de capacidad de estructuras existentes **III:** Materiales y técnicas de reparación de concreto **IV:** Técnicas de refuerzo usando armadura externa **V:** Sistemas de refuerzo con PRF para flexión y cortante **VI:** Estrategias de retrofitting sísmico para edificios

y puentes **VII:** Enchapes de acero y postensado externo **VIII:** Rehabilitación de mampostería y preservación de estructuras históricas **IX:** Evaluación y diseño de retrofitting basado en desempeño **X:** Evaluación no destructiva y monitoreo de salud estructural

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar evaluaciones integrales de la condición de estructuras existentes [Evaluar] **II:** Evaluar la capacidad portante de elementos estructurales existentes [Usar] **III:** Seleccionar materiales apropiados de reparación de concreto y métodos de aplicación [Familiarizarse] **IV:** Diseñar intervenciones de refuerzo usando técnicas convencionales [Evaluar] **V:** Aplicar sistemas de PRF para el refuerzo a flexión y cortante de elementos de concreto [Usar] **VI:** Desarrollar estrategias de retrofitting sísmico para estructuras deficientes [Evaluar] **VII:** Implementar sistemas de enchapes de acero y postensado externo [Usar] **VIII:** Rehabilitar estructuras de mampostería preservando su carácter histórico [Evaluar] **IX:** Realizar evaluaciones basadas en desempeño y diseñar intervenciones de retrofitting [Usar] **X:** Utilizar tecnologías de ensayos no destructivos y monitoreo para evaluación de daños [Familiarizarse]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.8 Visitas de Obra, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Visita técnica a una planta de concreto premezclado o a una obra con colocación de concreto en ejecución. **II:** Observación del transporte, colocación, consolidación, curado y control de calidad del concreto en campo. **III:** Elaboración de un informe técnico de la visita.

Objetivos de Aprendizaje I: Relacionar la tecnología del concreto estudiada en el curso con su producción y colocación real en obra [Usar].

Bibliografía: []

6. Bibliografía

[Callister and Rethwisch, 2020] Callister, W. D. and Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley, 10th edition.

[Institute, 2021] Institute, A. C. (2021). Aci 562: Code requirements for assessment, repair, and rehabilitation of existing concrete structures. Technical report, American Concrete Institute.

[Neville, 2011] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2M1 Mecánica de Materiales I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
  - MA210 Cálculo III (3er Sem-Pág 357)

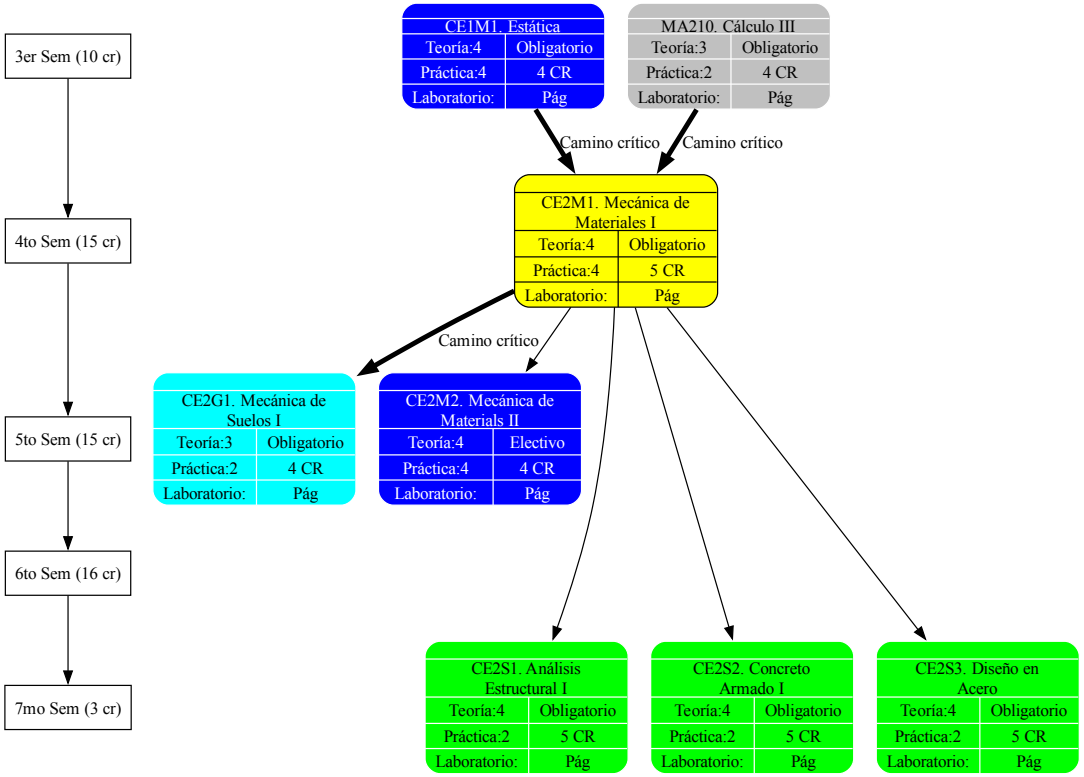


Figura 7.25: Mapa de Conexión. CE2M1 Mecánica de Materiales I

2. Fundamentación

La mecánica de materiales I estudia el comportamiento de cuerpos sólidos deformables sometidos a diferentes tipos de carga. Para el ingeniero civil, comprender conceptos como esfuerzo, deformación y elasticidad es fundamental, ya que estos permiten predecir la resistencia y rigidez de los elementos estructurales. Este conocimiento es la base para el diseño seguro de vigas, columnas y ejes, asegurando que los materiales operen dentro de sus límites permisibles.

3. Objetivos del curso.

- Comprender los conceptos de esfuerzo y deformación bajo cargas axiales, de torsión y de flexión.
- Analizar las propiedades mecánicas de los materiales a partir de ensayos de tracción y compresión.
- Determinar los esfuerzos internos y las deformaciones en elementos estructurales estáticamente determinados.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales **II:** Carga axial y deformación de elementos **III:** Torsión de secciones circulares y no circulares **IV:** Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas **V:** Distribución del esfuerzo cortante en vigas **VI:** Carga combinada y transformación de esfuerzos **VII:** Pandeo de columnas y análisis de estabilidad **VIII:** Mecánica de fatiga y fractura **IX:** Comportamiento elástico y plástico de los materiales **X:** Métodos energéticos para análisis estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] **II:** Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] **III:** Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] **IV:** Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] **V:** Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] **VI:** Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] **VII:** Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] **VIII:** Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] **IX:** Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] **X:** Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]

Bibliografía: [Gere and Goodno, 2017, Hibbeler, 2022, Beer et al., 2019]

5.2 Esfuerzo y deformación axial, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Esfuerzo normal y cortante promedio. **II:** Deformación normal y cortante. **III:** Ley de Hooke y módulo de elasticidad. **IV:** Miembros sometidos a carga axial: cambios de longitud y sistemas estáticamente indeterminados.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular esfuerzos y deformaciones en barras sometidas a carga axial considerando variaciones en la sección transversal [Evaluar]. **II:** Resolver problemas simples de estructuras estáticamente indeterminadas utilizando el método de deformaciones [Usar].

Bibliografía: [Hibbeler, 2022]

5.3 Torsión y flexión pura, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Torsión en ejes circulares: fórmula de torsión y ángulo de giro. **II:** Flexión pura: deformación por flexión y fórmula de la flexión elástica. **III:** Esfuerzos cortantes en vigas: fórmula del flujo cortante. **IV:** Diseño de vigas prismáticas por resistencia.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Determinar la distribución de esfuerzos cortantes en secciones circulares sometidas a torque [Usar]. **II:** Calcular los esfuerzos máximos de tracción y compresión en vigas bajo diversos momentos flectores [Evaluar].

Bibliografía: [Gere and Goodno, 2017]

5.4 Transformación de esfuerzos y cargas combinadas, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Transformación de esfuerzo plano: ecuaciones generales. **II:** Círculo de Mohr para esfuerzo y deformación planos. **III:** Esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo. **IV:** Análisis de esfuerzos bajo cargas combinadas (axial, flexión y torsión).

Objetivos de Aprendizaje I: Utilizar el círculo de Mohr para identificar los planos donde ocurren los esfuerzos máximos [Evaluar]. **II:** Analizar el estado de esfuerzo en un punto crítico de un elemento sometido a múltiples tipos de carga [Evaluar].

Bibliografía: [Hibbeler, 2022, Gere and Goodno, 2017]

6. Bibliografía

[Beer et al., 2019] Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., and Mazurek, D. F. (2019). *Mechanics of Materials*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Gere and Goodno, 2017] Gere, J. and Goodno, B. (2017). *Mechanics of Materials*. Cengage Learning, 9th edition.

[Hibbeler, 2022] Hibbeler, R. C. (2022). *Mechanics of Materials*. Pearson, 11th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA202 Métodos Numéricos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA121 Algebra Lineal I (3er Sem-Pág 355)
  - BIC101 Introducción a la Programación (1er Sem-Pág 296)

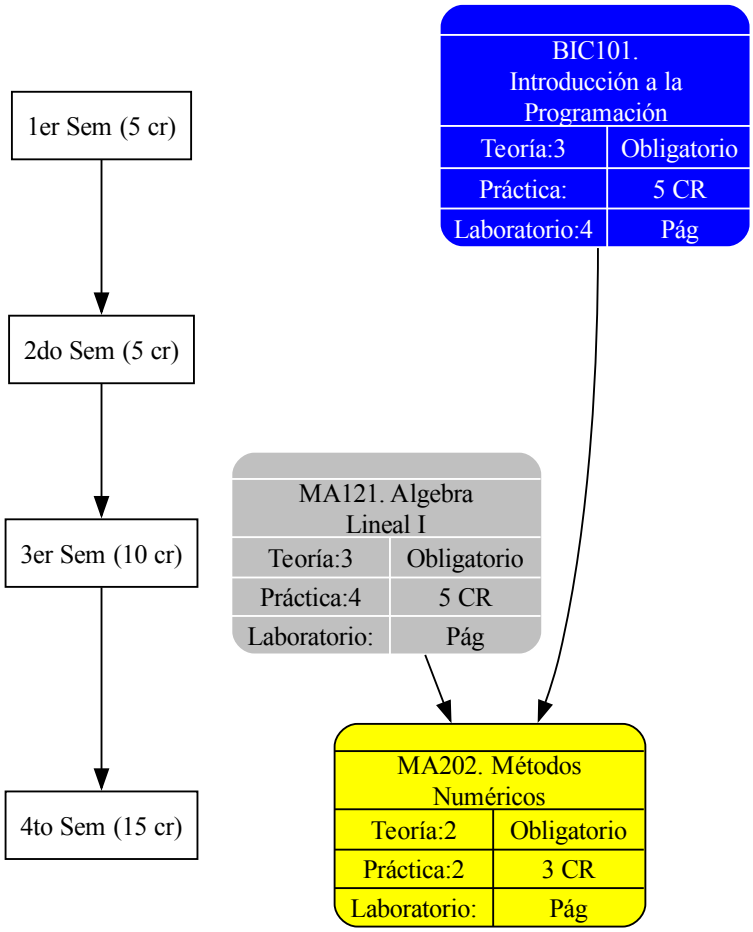


Figura 7.26: Mapa de Conexión. MA202 Métodos Numéricos

2. Fundamentación

Los métodos numéricos son una herramienta fundamental compartida por la informática y las disciplinas de ingeniería para aproximar soluciones a problemas matemáticos que no pueden resolverse analíticamente. Este curso proporciona una introducción a los métodos numéricos más comunes, incluyendo el análisis de errores, la solución de ecuaciones no lineales, la interpolación, la integración numérica y la solución de ecuaciones diferenciales, en contextos científicos y de ingeniería.

3. Objetivos del curso.

- Comprender la importancia de los métodos numéricos en la resolución de problemas científicos y de ingeniería.
- Aplicar diferentes métodos numéricos para aproximar soluciones a problemas matemáticos.
- Analizar la precisión y eficiencia de los métodos numéricos utilizados.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Análisis de Errores y Aritmética de Punto Flotante, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Representación en punto flotante y errores de redondeo en software de ingeniería **II:** Condicionamiento de problemas de ingeniería y estabilidad de algoritmos numéricos **III:** Error de truncamiento en aproximaciones en serie y en esquemas de diferencias finitas **IV:** Propagación de errores a través de cadenas de cálculos en simulaciones de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar las fuentes y consecuencias de los errores de redondeo y truncamiento en computaciones de ingeniería [Familiarizarse] **II:** Calcular el número de condición de un sistema lineal e interpretar su efecto sobre la precisión de la solución [Evaluar] **III:** Estimar la propagación de incertidumbres de medición a través de una cadena de cálculos de ingeniería [Usar] **IV:** Seleccionar métodos numéricos con propiedades de estabilidad adecuadas para los requerimientos de simulación en ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015, Burden and Faires, 2010]

5.2 Solución Numérica de Ecuaciones no Lineales, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de acotamiento: bisección y falsa posición **II:** Método de Newton-Raphson y método de la secante **III:** Orden de convergencia y criterios de parada en métodos iterativos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el fundamento y las garantías de convergencia de los métodos de bisección y falsa posición [Familiarizarse] **II:** Aplicar el método de Newton-Raphson y el método de la secante para aproximar raíces de ecuaciones de ingeniería [Usar] **III:** Comparar el orden de convergencia de distintos métodos iterativos y seleccionar el más apropiado según el problema [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015, Burden and Faires, 2010]

5.3 Teoría de Aproximación e Interpolación, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial: Lagrange, diferencias divididas de Newton y fenómeno de Runge **II:** Interpolación por splines: splines cúbicos, B-splines y métodos de funciones polinómicas a trozos **III:** Mejor aproximación en espacios normados: Chebyshev (minimax) y mínimos cuadrados **IV:** Polinomios de Chebyshev: propiedades, ortogonalidad y convergencia espectral **V:** Aproximación trigonométrica y transformada rápida de Fourier (FFT)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el fenómeno de Runge y justificar la elección de nodos de Chebyshev para mitigarlo [Familiarizarse] **II:** Construir interpolantes por splines cúbicos y de Chebyshev para datos dados y estimar el error de interpolación [Usar] **III:** Aplicar la FFT para calcular eficientemente aproximaciones trigonométricas de una función muestreada [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015, Burden and Faires, 2010]

5.4 Integración Numérica y Cuadratura, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Reglas de Newton-Cotes: trapezoidal, Simpson y reglas compuestas; análisis de error **II:** Cuadratura adaptativa y control automático del error **III:** Cuadratura gaussiana: nodos y pesos óptimos, conexión con polinomios ortogonales **IV:** Tratamiento numérico de integrales impropias y singulares **V:** Integración de Monte Carlo y métodos cuasi-Monte Carlo para integrales de alta dimensión

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar la fórmula de error para la regla compuesta de Simpson e identificar su orden de precisión [Familiarizarse] **II:** Seleccionar y aplicar una regla de cuadratura apropiada (Gaussiana, adaptativa) según la regularidad del integrando [Usar] **III:** Aplicar integración de Monte Carlo para estimar integrales de alta dimensión y cuantificar el error estadístico [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015, Burden and Faires, 2010]

5.5 Métodos Numéricos para EDO y EDP, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de Runge-Kutta y paso adaptativo para problemas de EDO en ingeniería **II:** Análisis de estabilidad y rigidez en integradores numéricos de EDO de ingeniería **III:** Discretización por diferencias finitas de EDP de ingeniería (ecuación de calor, ecuación de Laplace) **IV:** Elementos finitos y métodos de disparo para problemas de valores de frontera en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Implementar un integrador Runge-Kutta de cuarto orden para un problema de vibración mecánica [Usar] **II:** Determinar la región de estabilidad absoluta de un esquema explícito de avance temporal [Evaluar] **III:** Discretizar la ecuación de calor 2D usando diferencias finitas y plantear el sistema lineal resultante [Usar] **IV:** Comparar los enfoques de diferencias finitas y elementos finitos para resolver una EDP de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015, Burden and Faires, 2010]

5.6 álgebra Lineal Numérica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Factorizaciones LU y QR para resolver sistemas lineales de ingeniería **II:** Solvers iterativos: Jacobi, Gauss-Seidel y Gradiente Conjugado para sistemas dispersos de gran escala **III:** Descomposición en Valores Singulares (SVD) para ajuste de datos y reducción de modelos **IV:** Formatos de almacenamiento de matrices dispersas y solvers eficientes para sistemas FEM/FVM de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje I: Resolver sistemas lineales de ingeniería usando descomposición LU con pivoteo parcial [Usar] **II:** Analizar la tasa de convergencia de solvers iterativos aplicados a matrices de rigidez de ingeniería [Evaluar] **III:** Implementar un solver de Gradiente Conjugado para un sistema de ingeniería simétrico y definido positivo de gran escala [Usar] **IV:** Aplicar SVD para comprimir un conjunto de formas modales estructurales y evaluar la calidad de la aproximación [Evaluar]

Bibliografía: [Burden and Faires, 2010, Trefethen and III, 1997]

5.7 Método de Elementos Finitos, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Formulación débil (variacional) de problemas de valor en la frontera y espacios de Sobolev **II:** Método de Galerkin: espacios de aproximación de dimensión finita y matriz de rigidez **III:** Espacios de elementos finitos triangulares y cuadriláteros: elementos de Lagrange y conformidad **IV:** Estimaciones de error a priori: lema de Céa y cotas de error de interpolación **V:** Estimaciones de error a posteriori y refinamiento adaptativo de malla

Objetivos de Aprendizaje I: Derivar la formulación débil de un PVE elíptico y mostrar su equivalencia con la forma fuerte [Familiarizarse] **II:** Ensamblar la matriz de rigidez global y el vector de carga para una discretización lineal por elementos finitos [Usar] **III:** Estimar el error en H^1 de una solución por elementos finitos usando el lema de Céa y la teoría de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Reddy, 2019, Burden and Faires, 2010]

5.8 Algoritmos de Optimización, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: I: Descenso por gradiente y métodos de búsqueda lineal: condiciones de Armijo-Wolfe y tasas de convergencia **II:** Método de Newton y métodos cuasi-Newton (BFGS, L-BFGS) **III:** Optimización con restricciones: condiciones KKT, métodos de penalización y programación cuadrática secuencial **IV:** Algoritmos de optimización convexa: métodos de punto interior y método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM) **V:** Descenso de gradiente estocástico (SGD), reducción de varianza y optimizador Adam

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las garantías de convergencia del descenso por gradiente para funciones convexas suaves [Familiarizarse] **II:** Aplicar los métodos de Newton y cuasi-Newton a problemas de optimización sin restricciones [Usar] **III:** Formular un problema de optimización con restricciones como un sistema KKT y aplicar un método de punto interior [Evaluar]

Bibliografía: [Nocedal and Wright, 2006]

5.9 Computación Paralela y de Alto Rendimiento, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Arquitecturas paralelas: memoria compartida (OpenMP), memoria distribuida (MPI) y GPU (CUDA) **II:** Modelos de rendimiento: ley de Amdahl, modelo de línea techada y complejidad de comunicación **III:** Algoritmos paralelos para álgebra lineal densa y dispersa (ScaLAPACK, PETSc) **IV:** Descomposición de dominio y solucionadores paralelos de EDPs **V:** Diferenciación automática (modo directo y reverso) y su rol en ML científico

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la ley de Amdahl e identificar los cuellos de botella que limitan la aceleración paralela en un algoritmo dado [Familiarizarse] **II:** Implementar una rutina paralela de álgebra lineal usando MPI o OpenMP y medir la eficiencia paralela [Usar] **III:** Aplicar diferenciación automática para calcular gradientes de funciones científicas complejas con fines de optimización [Evaluar]

Bibliografía: [Pacheco and Malensek, 2022]

5.10 Teoría de Grafos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Grafos: definiciones, isomorfismo, sucesiones de grados, árboles y árboles generadores **II:** Conectividad, teorema de Menger y flujos en redes (flujo máximo-corte mínimo) **III:** Emparejamientos (teorema de Hall), coloraciones de grafos y el polinomio cromático **IV:** Grafos planares, fórmula de Euler, teorema de Kuratowski y el teorema de los cuatro colores **V:** Matrices de adyacencia y laplaciana, valores propios y grafos expandidores

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar propiedades estructurales de grafos (conectividad, planaridad, bipartitud) y aplicar la fórmula de Euler [Familiarizarse] **II:** Aplicar el teorema de matrimonio de Hall y algoritmos de flujo en redes a problemas de emparejamiento y enrutamiento [Usar] **III:** Analizar el espectro de un grafo para acotar su número cromático y sus propiedades de conectividad [Evaluar]

Bibliografía: [West, 2001]

5.11 Análisis de Series Temporales, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Estacionariedad, función de autocovarianza y función de autocorrelación (ACF) **II:** Modelos ARMA: identificación, estimación (Yule-Walker, MLE) y diagnóstico **III:** Densidad espectral, el periodograma y el teorema de Wiener-Khinchin **IV:** Modelos de espacio de estados y el filtro de Kalman **V:** Modelos ARIMA, ajuste estacional y predicción a múltiples pasos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar la estacionariedad y determinar el orden de un modelo ARMA a partir de gráficos ACF y PACF [Familiarizarse] **II:** Ajustar modelos ARIMA a datos de series temporales, validar residuos y producir predicciones [Usar] **III:** Aplicar el filtro de Kalman para estimar estados ocultos en un modelo lineal gaussiano de espacio de estados [Evaluar]

Bibliografía: [Shumway and Stoffer, 2017]

6. Bibliografía

[Burden and Faires, 2010] Burden, R. L. and Faires, J. D. (2010). *Numerical Analysis*. Cengage Learning.

[Chapra and Canale, 2015] Chapra, S. C. and Canale, R. P. (2015). *Numerical Methods for Engineers*. McGraw-Hill Education.

[Nocedal and Wright, 2006] Nocedal, J. and Wright, S. J. (2006). *Numerical Optimization*. Springer, 2nd edition.

[Pacheco and Malensek, 2022] Pacheco, P. S. and Malensek, M. (2022). *An Introduction to Parallel Programming*. Morgan Kaufmann, 2nd edition.

[Reddy, 2019] Reddy, J. N. (2019). *An Introduction to the Finite Element Method*. McGraw-Hill Education, 4th edition.

[Shumway and Stoffer, 2017] Shumway, R. H. and Stoffer, D. S. (2017). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Springer, 4th edition.

[Trefethen and III, 1997] Trefethen, L. N. and III, D. B. (1997). *Numerical Linear Algebra*. SIAM.

[West, 2001] West, D. B. (2001). *Introduction to Graph Theory*. Prentice Hall, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA211 Cálculo IV (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA210 Cálculo III (3er Sem-Pág 357)
  - MA121 Algebra Lineal I (3er Sem-Pág 355)

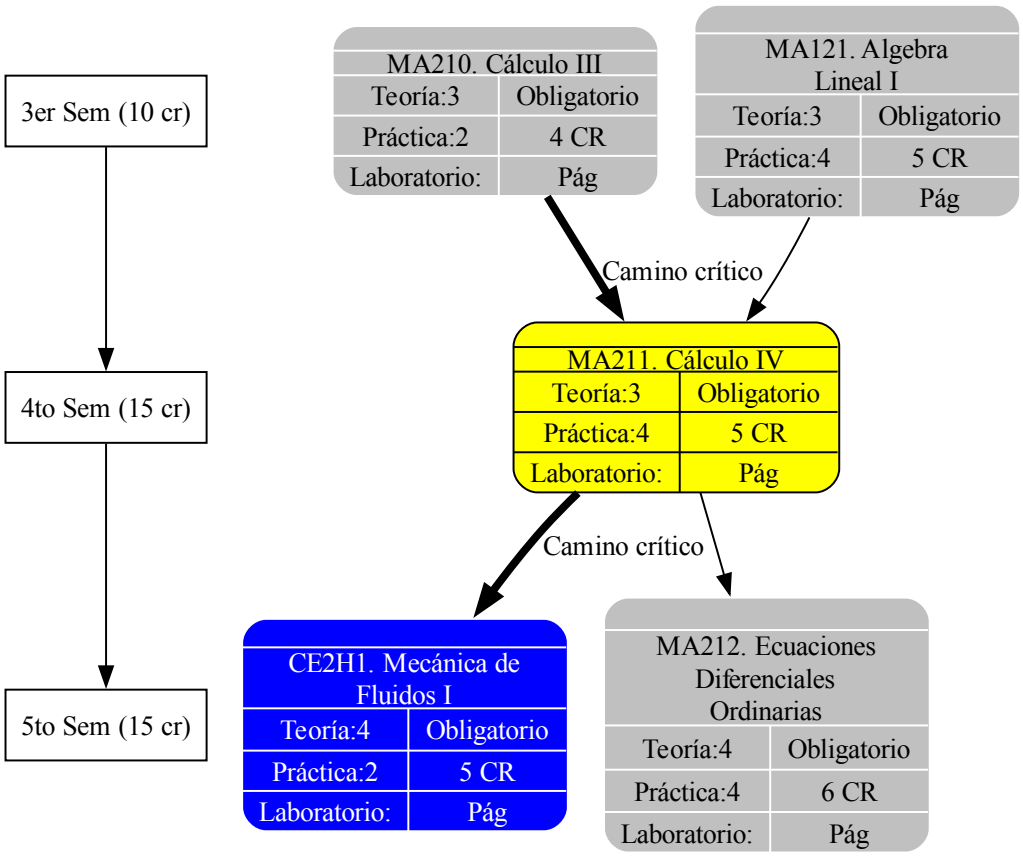


Figura 7.27: Mapa de Conexión. MA211 Cálculo IV

2. Fundamentación

Este curso cubre ecuaciones diferenciales ordinarias, una introducción a las ecuaciones diferenciales parciales, y métodos asintóticos y de perturbación, extendiendo los fundamentos del cálculo multivariable construidos en cursos anteriores. Desarrolla las herramientas analíticas necesarias para modelar y resolver ecuaciones diferenciales que surgen en física e ingeniería, y para aproximar las soluciones de problemas que no pueden resolverse en forma cerrada.

3. Objetivos del curso.

- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y modelar sistemas físicos con ellas.

- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden superior y sistemas de EDOs.
- Clasificar y resolver ecuaciones diferenciales parciales elementales mediante separación de variables y métodos de Fourier.
- Construir expansiones asintóticas y aplicar métodos de perturbación regular y singular para aproximar soluciones.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO), 30 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ecuaciones de primer orden: formas separables, lineales y exactas

Objetivos de Aprendizaje I: Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Stewart, 2016]

5.2 Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO), 20 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ecuaciones lineales de orden superior con coeficientes constantes **II:** Sistemas de EDO lineales de primer orden y formulación en espacio de estados **III:** Método de la transformada de Laplace para resolver EDO de ingeniería con condiciones iniciales **IV:** Modelado de sistemas masa-resorte-amortiguador, circuitos RLC y conducción de calor mediante EDO

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar el método de la transformada de Laplace para resolver EDO lineales de ingeniería con condiciones iniciales [Usar] **II:** Modelar un oscilador mecánico amortiguado o un circuito RLC como una EDO lineal de segundo orden [Usar] **III:** Analizar la estabilidad y la respuesta transitoria de sistemas de ingeniería descritos por sistemas de EDO [Evaluar] **IV:** Formular representaciones en espacio de estados para sistemas dinámicos de ingeniería con múltiples variables [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017]

5.3 Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP), 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Separación de variables para ecuaciones de calor y de onda en geometrías de ingeniería **II:** Métodos de la transformada de Laplace para problemas de valores iniciales y de frontera **III:** Clasificación de EDP: tipos elíptico, parabólico e hiperbólico y su significado físico en ingeniería **IV:** Formulación e interpretación física de condiciones de frontera en problemas de ingeniería **V:** Funciones de Green y problemas de valores de frontera para análisis avanzado en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar separación de variables para resolver las ecuaciones 1D de conducción de calor y de onda [Usar] **II:** Clasificar una EDP dada y seleccionar el enfoque analítico o numérico apropiado para ingeniería [Evaluar] **III:** Formular condiciones de frontera para un problema de transferencia de calor o análisis de tensiones [Evaluar] **IV:** Derivar la EDP gobernante para la conducción de calor en estado estacionario usando la Ley de Fourier [Usar]

Bibliografía: [Strauss, 2008, Stewart, 2016]

5.4 Análisis Asintótico y Métodos de Perturbación, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Expansiones asintóticas y los símbolos de orden de Landau (O, o, $\sim$) **II:** Teoría de perturbación regular para ecuaciones algebraicas y EDOs **III:** Teoría de perturbación singular y expansiones asintóticas acopladas (capas límite) **IV:** Método de escalas múltiples y la aproximación WKB

Objetivos de Aprendizaje **I:** Construir una expansión de perturbación regular para una EDO con un parámetro pequeño [Familiarizarse] **II:** Aplicar expansiones asintóticas acopladas para resolver problemas de perturbación singular con capas límite [Usar]

Bibliografía: [Bender and Orszag, 1999]

6. Bibliografía

[Bender and Orszag, 1999] Bender, C. M. and Orszag, S. A. (1999). *Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers I: Asymptotic Methods and Perturbation Theory*. Springer.

[Boyce et al., 2017] Boyce, W. E., DiPrima, R. C., and Meade, D. B. (2017). *Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera*. Limusa Wiley, 11th edition.

[Stewart, 2016] Stewart, J. (2016). *Multivariable Calculus: Early Transcendentals*. Cengage Learning, 8th edition.

[Strauss, 2008] Strauss, W. A. (2008). *Partial Differential Equations: An Introduction*. Wiley, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

STA251 Estadística y Probabilidades (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA112 Cálculo II (2do Sem-Pág 327)

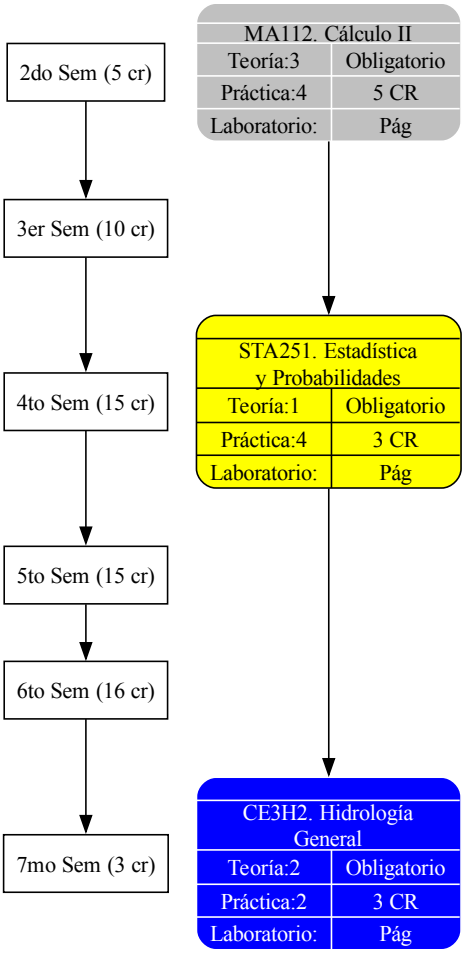


Figura 7.28: Mapa de Conexión. STA251 Estadística y Probabilidades

2. Fundamentación

La probabilidad y la estadística proporcionan la base matemática para razonar bajo incertidumbre, analizar datos y construir modelos predictivos — habilidades esenciales tanto en computación, inteligencia artificial, matemática computacional como en ingeniería. Este curso desarrolla una comprensión rigurosa de la teoría de la probabilidad y su uso para describir fenómenos aleatorios, junto con los fundamentos de la estadística descriptiva, la inferencia estadística (estimación, pruebas de hipótesis y razonamiento bayesiano) y el modelado de regresión, de modo que los estudiantes puedan resumir y

analizar datos, cuantificar la incertidumbre y extraer conclusiones cuantitativas sólidas en su propio campo de aplicación.

3. Objetivos del curso.

- Comprender los fundamentos de la teoría de la probabilidad y la estadística descriptiva.
- Aplicar distribuciones de probabilidad y métodos de inferencia estadística para analizar datos y cuantificar la incertidumbre.
- Desarrollar habilidades para modelar fenómenos aleatorios y construir modelos estadísticos predictivos como la regresión lineal.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Resúmenes Numéricos: Posición, Dispersión y Forma, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Medidas de posición: media, mediana, moda, media recortada y media ponderada **II:** Medidas de dispersión: varianza, desviación estándar, RIQ, MAD y rango **III:** Medidas de forma: asimetría y curtosis; cuantiles y percentiles **IV:** Estadísticas de resumen robustas: resistencia a valores atípicos y distribuciones de colas pesadas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular e interpretar medidas de posición, dispersión y forma para un conjunto de datos univariado [Usar] **II:** Seleccionar estadísticas de resumen apropiadas según las propiedades distribucionales de los datos [Usar] **III:** Comparar estadísticas de resumen clásicas y robustas y justificar la elección para un conjunto de datos dado [Evaluar]

Bibliografía: [Devore, 2016]

5.2 Espacios Muestrales y Eventos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Experimentos aleatorios, resultados y espacios muestrales: finitos, contables e incontables **II:** Operaciones de teoría de conjuntos sobre eventos: unión, intersección, complemento y leyes de De Morgan **III:** Sigma-álgebras y espacios medibles como fundamento de la probabilidad rigurosa **IV:** Conjuntos de Borel y la sigma-álgebra de Borel sobre la recta real

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir espacios muestrales, eventos y sigma-álgebras para un experimento aleatorio dado [Familiarizarse] **II:** Aplicar operaciones de teoría de conjuntos para calcular probabilidades de eventos compuestos [Usar] **III:** Construir sigma-álgebras apropiadas para espacios medibles que surgen en problemas estadísticos [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.3 Axiomas y Propiedades de la Probabilidad, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Los tres axiomas de probabilidad de Kolmogorov y sus consecuencias **II:** Propiedades derivadas: regla del complemento, regla de la adición, monotonicidad y continuidad de la probabilidad **III:** Interpretaciones clásica, frecuentista y subjetiva (bayesiana) de la probabilidad **IV:** Métodos de conteo: permutaciones, combinaciones y el principio de multiplicación

Objetivos de Aprendizaje I: Enunciar los axiomas de Kolmogorov y derivar propiedades fundamentales de la probabilidad [Familiarizarse] **II:** Calcular probabilidades de eventos utilizando la regla de la adición y la regla del complemento [Usar] **III:** Aplicar métodos de conteo para calcular probabilidades en espacios muestrales finitos [Usar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.4 Probabilidad Condicional e Independencia, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Definición e interpretación de la probabilidad condicional P(A|B) y sus propiedades **II:** Teorema de Bayes y ley de la probabilidad total: derivación y aplicaciones **III:** Independencia de eventos: independencia por pares e independencia mutua **IV:** Independencia condicional y su papel en los modelos gráficos probabilísticos

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la probabilidad condicional y la independencia y su relación [Familiarizarse] **II:** Aplicar el teorema de Bayes y la ley de la probabilidad total para resolver problemas de probabilidad [Usar] **III:** Analizar si los eventos son independientes o condicionalmente independientes en un modelo de probabilidad dado [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.5 Variables Aleatorias Discretas y Distribuciones, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Funciones de masa de probabilidad (FMP) y funciones de distribución acumulada (FDA) para variables aleatorias discretas **II:** Distribuciones discretas clave: Bernoulli, Binomial, Geométrica, Binomial Negativa, Poisson, Hipergeométrica **III:** Propiedades de las distribuciones discretas: media, varianza, asimetría y curtosis **IV:** Aproximación de Poisson a la Binomial y argumentos de distribución límite

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar y describir las principales distribuciones de probabilidad discretas y sus parámetros [Familiarizarse] **II:** Calcular probabilidades, medias y varianzas utilizando las FMP de distribuciones discretas estándar [Usar] **III:** Seleccionar una distribución discreta apropiada para modelar un fenómeno aleatorio dado y justificar la elección [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.6 Variables Aleatorias Continuas y Distribuciones, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Funciones de densidad de probabilidad (FDP) y FDA para variables aleatorias continuas **II:** Distribuciones continuas clave: Uniforme, Normal, Exponencial, Gamma, Beta, Chi-cuadrado, t, F **III:** La distribución Normal: propiedades, normal estándar y su papel central en la inferencia estadística **IV:** La familia exponencial de distribuciones: forma canónica y estadísticos suficientes

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las propiedades y parámetros de las principales distribuciones de probabilidad continuas [Familiarizarse] **II:** Calcular probabilidades y cuantiles para distribuciones continuas estándar [Usar] **III:** Identificar distribuciones pertenecientes a la familia exponencial y derivar sus estadísticos suficientes [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.7 Distribuciones Conjuntas, Marginales y Condicionales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** FMP y FDP conjuntas para dos o más variables aleatorias **II:** Distribuciones marginales y condicionales derivadas de distribuciones conjuntas **III:** Covarianza, correlación y sus propiedades; la independencia implica covarianza cero (el recíproco no siempre es cierto) **IV:** La distribución normal bivariada y sus distribuciones condicionales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar distribuciones marginales y condicionales a partir de una distribución conjunta dada [Usar] **II:** Calcular la covarianza y correlación entre dos variables aleatorias [Usar] **III:** Analizar la estructura condicional de la distribución normal bivariada [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.8 Teoremas Límite: LGN y TCL, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ley débil de los grandes números: convergencia en probabilidad y sus implicaciones para la estimación **II:** Teorema central del límite: enunciado, condiciones y papel en la justificación de aproximaciones normales **III:** Aplicaciones del TCL: aproximación normal a la binomial y distribuciones muestrales **IV:** Ley fuerte de los grandes números: convergencia casi segura **V:** El método delta: distribución asintótica de funciones suaves de estimadores

Objetivos de Aprendizaje **I:** Enunciar la LGN y el TCL y explicar las condiciones bajo las cuales se cumplen [Familiarizarse] **II:** Aplicar el TCL para derivar aproximaciones normales y distribuciones muestrales [Usar] **III:** Aplicar el método delta para derivar distribuciones asintóticas de estimadores no lineales [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.9 Estimación Puntual, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Propiedades deseables: insesgamiento, consistencia, eficiencia y suficiencia **II:** Estimación por método de momentos: derivación y propiedades asintóticas **III:** Estimación de máxima verosimilitud: derivación, propiedades y principio de invarianza **IV:** Cota inferior de Cramér-Rao y el concepto de información de Fisher

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las propiedades clave de los estimadores y explicar las concesiones entre ellas [Familiarizarse] **II:** Derivar estimadores por método de momentos y de máxima verosimilitud para distribuciones estándar [Usar] **III:** Evaluar la eficiencia de un estimador usando la cota inferior de Cramér-Rao [Evaluar]

Bibliografía: [Devore, 2016]

5.10 Estimación por Intervalos e Intervalos de Confianza, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Construcción de intervalos de confianza mediante cantidades pivote y distribuciones exactas **II:** Interpretación correcta de los intervalos de confianza: probabilidad de cobertura y errores conceptuales comunes **III:** Intervalos de confianza para muestras grandes basados en normalidad asintótica **IV:** Dualidad entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis

Objetivos de Aprendizaje **I:** Construir intervalos de confianza para medias, proporciones y varianzas usando métodos exactos y de gran muestra [Usar] **II:** Interpretar correctamente los intervalos de confianza e identificar interpretaciones erróneas comunes [Usar] **III:** Explicar la dualidad entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis y utilizarla para extraer inferencias [Evaluar]

Bibliografía: [Devore, 2016]

5.11 Fundamentos de las Pruebas de Hipótesis, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Marco de Neyman-Pearson: hipótesis nula y alternativa, regiones de rechazo, errores tipo I y II **II:** Valores p: definición, interpretación correcta y usos incorrectos comunes; potencia y tamaño de muestra **III:** Pruebas paramétricas comunes: prueba z, prueba t, prueba F y prueba ji-cuadrada **IV:** Lema de Neyman-Pearson y pruebas uniformemente más poderosas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la lógica de las pruebas de hipótesis, los errores tipo I y II y el significado de un valor p [Familiarizarse] **II:** Aplicar pruebas paramétricas estándar e interpretar los resultados en contexto [Usar] **III:** Derivar la prueba más poderosa para una hipótesis simple usando el lema de Neyman-Pearson [Evaluar]

Bibliografía: [Devore, 2016]

5.12 Inferencia Bayesiana, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Marco bayesiano: a priori, verosimilitud, a posteriori y el papel del teorema de Bayes **II:** Distribuciones a priori: informativas, no informativas y conjugadas **III:** Inferencia a posteriori: estimaciones puntuales, intervalos de credibilidad y distribuciones predictivas a posteriori **IV:** Comparación de modelos bayesianos: factores de Bayes y probabilidades a posteriori de modelos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el enfoque bayesiano de la inferencia y contrastarlo con el enfoque frecuentista [Familiarizarse] **II:** Derivar la distribución a posteriori para modelos conjugados estándar [Usar] **III:** Aplicar factores de Bayes para comparar modelos estadísticos e interpretar la evidencia [Evaluar]

Bibliografía: [Ross, 2014, Devore, 2016]

5.13 Regresión Lineal Simple, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO): derivación de coeficientes y sus propiedades **II:** Inferencia sobre coeficientes de regresión: pruebas t, intervalos de confianza y valores p **III:** Coeficiente de determinación R-cuadrado y descomposición de la varianza mediante análisis de varianza **IV:** Teorema de Gauss-Markov: propiedad MELI del MCO bajo supuestos clásicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Ajustar un modelo de regresión lineal simple e interpretar los coeficientes estimados [Usar] **II:** Realizar pruebas de hipótesis y construir intervalos de confianza para parámetros de regresión [Usar] **III:** Verificar los supuestos de Gauss-Markov y evaluar las consecuencias cuando se violan [Evaluar]

Bibliografía: [Devore, 2016]

6. Bibliografía

[Devore, 2016] Devore, J. L. (2016). *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. Cengage Learning.

[Ross, 2014] Ross, S. M. (2014). *A First Course in Probability*. Pearson.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ID201 Inglés III (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 4to Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - ID102 Inglés II (3er Sem-Pág 365)

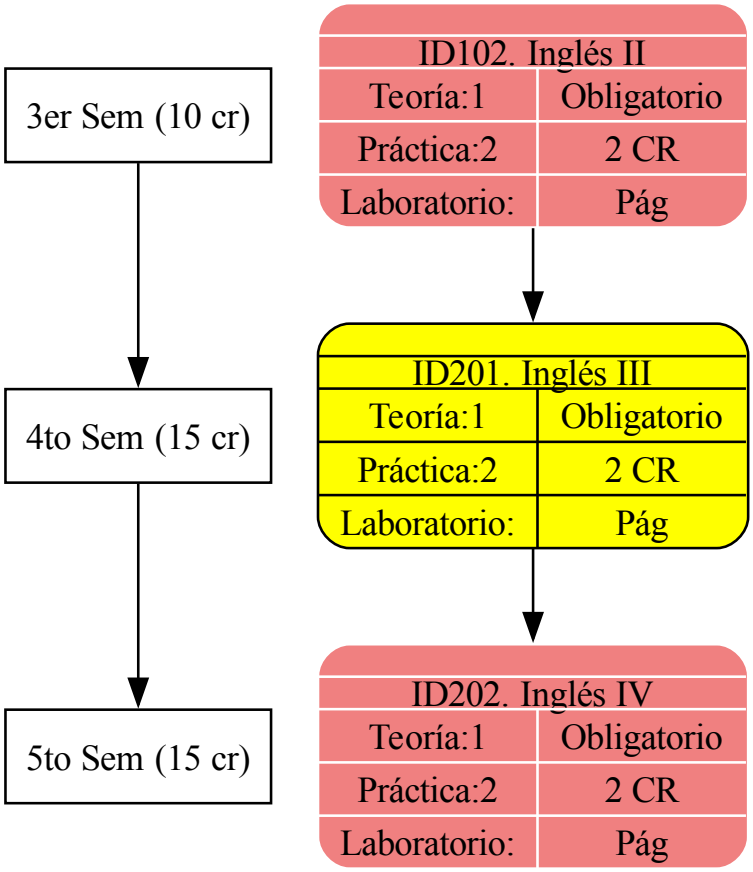


Figura 7.29: Mapa de Conexión. ID201 Inglés III

2. Fundamentación

En este nivel, los estudiantes utilizan el inglés como medio principal para acceder y producir contenido técnico en computación, ingeniería y ciencias. Las estructuras gramaticales se aplican a la lectura de artículos científicos, la redacción de informes técnicos, la descripción de procesos de ingeniería y la participación en discusiones profesionales. El curso conecta la fluidez cotidiana en inglés con las exigencias de la comunicación técnica especializada.

3. Objetivos del curso.

- Capacitar a los estudiantes para leer, comprender y producir comunicación técnica en inglés.
- Proporcionar herramientas lingüísticas para conectar ideas en la escritura descriptiva y analítica sobre computación e ingeniería.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Comunicación Técnica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Repaso de Tiempos: Presente, Pasado y Futuro en documentación técnica. **II:** Oraciones interrogativas con Wh- questions complejas para el análisis de sistemas. **III:** Palabras con más de un significado en contextos técnicos (Polisemia). **IV:** Expresiones para describir actividades profesionales e intereses de investigación.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar la unidad, el estudiante utiliza diversos tiempos verbales para intercambiar información técnica detallada y formular preguntas precisas sobre sistemas computacionales y procesos de ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.2 Comparando Arquitecturas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Uso de "What's it like?": Descripción de características de sistemas e interfaces. **II:** Adjetivos comparativos y superlativos avanzados en análisis de benchmarks. **III:** Colocaciones (collocations) en computación: high-performance, low-level, fault-tolerant. **IV:** Lectura: Informes de comparación de arquitecturas (RISC vs. CISC, SQL vs. NoSQL).

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante analiza y describe diferencias entre arquitecturas, marcos de trabajo y sistemas computacionales utilizando estructuras comparativas variadas con precisión técnica.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.3 Antes y Ahora en la Computación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Presente Perfecto vs. Pasado Simple: Contraste entre eventos históricos y estado actual. **II:** Expresiones temporales: for, since, ever, never aplicadas a la evolución tecnológica. **III:** Adverbios de tiempo y modo en la narrativa científica. **IV:** Vocabulario: Generaciones de tecnología, sistemas heredados (legacy), plataformas actuales.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante diferencia y aplica correctamente el presente perfecto y el pasado simple para narrar la evolución de las tecnologías computacionales y contrastar logros históricos con el estado actual del campo.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.4 Estándares y Protocolos de Ingeniería, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Modales de obligación y permiso: Have to, Must, Can en normas profesionales. **II:** Recomendaciones técnicas: Should, Ought to — revisiones de código y diseño. **III:** Vocabulario: Estándares IEEE/ACM, convenciones de codificación, políticas de seguridad. **IV:** Redacción formal: Memorandos técnicos y recomendaciones de ingeniería.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante expresa normas de ingeniería, estándares y recomendaciones profesionales utilizando verbos modales apropiados en escritura técnica formal y discusión entre pares.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.5 ¿Cómo se construye el Software?, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Voz Pasiva: Presente y Pasado Simple para describir procesos de ingeniería. **II:** Vocabulario: Fabricación, despliegue, integración y pruebas. **III:** Expresiones para dar opiniones técnicas y discutir trade-offs de diseño. **IV:** Redacción: Descripción de proceso para un sistema de software o hardware.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante utiliza la voz pasiva para describir cómo se diseñan, construyen, prueban y despliegan los sistemas, participando en discusiones técnicas sobre procesos de ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.6 Depuración y Análisis, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Pasado Continuo vs. Pasado Simple en reportes de incidentes y fallos. **II:** Conectores de narrativa y secuencia: while, when, suddenly, as a result. **III:** Vocabulario: Bugs, excepciones, crashes, logs, análisis de causa raíz. **IV:** Redacción: Informe de incidente de un fallo de software o de red.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante narra sesiones de depuración, fallos de sistemas e incidentes experimentales utilizando tiempos narrativos y conectores de secuencia técnicos con fluidez.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.7 Investigación e Innovación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Formas de Futuro: Will, Going to, Presente Continuo para proyección de investigación. **II:** Expresiones de probabilidad y certeza en contextos científicos. **III:** Vocabulario: Ciclos de innovación, propuestas de investigación, prospectiva tecnológica. **IV:** Presentaciones orales: .[El] futuro de la computación en mi campo".

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante proyecta metas de investigación y discute direcciones futuras en computación e ingeniería utilizando diversas estructuras de futuro con grados apropiados de certeza.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.8 Inglés Técnico III, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Terminología de Programación y Desarrollo Web: funciones, APIs, frameworks. **II:** Descripciones de Interfaz de Usuario (UI/UX) y conceptos de usabilidad. **III:** Vocabulario básico de gestión de proyectos: sprints, milestones, deliverables. **IV:** Redacción: Especificación técnica simple o documento README.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar el curso, el estudiante utiliza vocabulario especializado de desarrollo de software para describir componentes lógicos y funcionales, y produce documentación técnica básica en inglés.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

6. Bibliografía

[Cambridge, 2006] Cambridge (2006). *Diccionario Inglés-Espanol Cambridge*. Editorial Oxford.

[MacGrew, 1999] MacGrew, J. (1999). *Focus on Grammar Basic*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002d] Soars, L. and John (2002d). *American Headway N 2 Student Book*. Editorial Oxford.

Quinto Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2G1 Mecánica de Suelos I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 5to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE1G1 Geología General (2do Sem-Pág 305)
  - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)

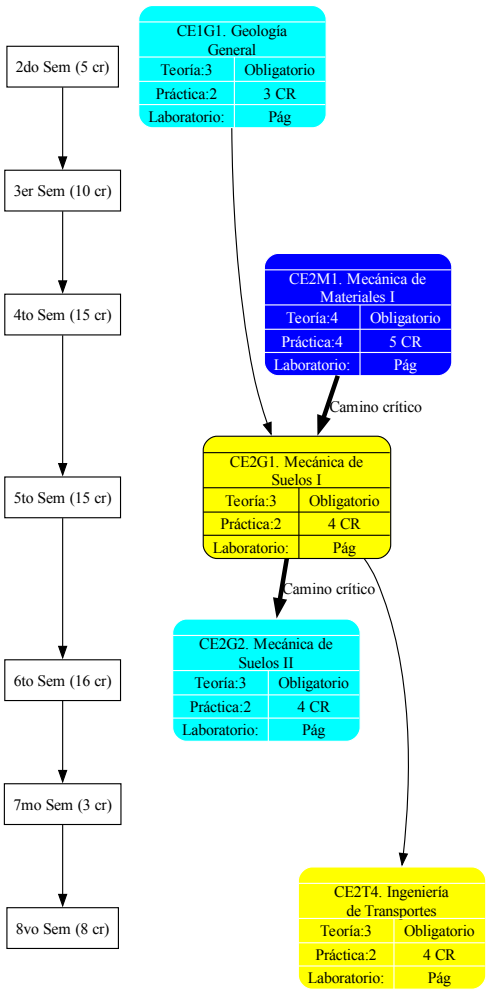


Figura 7.30: Mapa de Conexión. CE2G1 Mecánica de Suelos I

2. Fundamentación

Mecánica de Suelos I introduce al futuro ingeniero civil al suelo como material de ingeniería, apoyándose en los fundamentos descriptivos establecidos en Geología General. El curso desarrolla el marco de relaciones de fase utilizado para describir el estado de un suelo, los sistemas de clasificación

(USCS y AASHTO) utilizados para comunicar su comportamiento ingenieril esperado, la teoría y el control en campo de la compactación como herramienta principal para mejorar las propiedades de movimiento de tierras, y el comportamiento hidráulico de los suelos -permeabilidad, flujo de agua, capilaridad y esfuerzos efectivos- que rige la interacción entre el agua y el esqueleto del suelo en el diseño geotécnico. El curso cierra con una introducción a los métodos de exploración y muestreo del subsuelo, que proporciona la base de campo sobre la cual se construyen la caracterización de laboratorio cubierta anteriormente en el curso y la secuencia posterior de Ingeniería Geotécnica (Mecánica de Suelos II, Cimentaciones, Estructuras de Retención de Tierra).

3. Objetivos del curso.

- Calcular relaciones de fase y propiedades índice de los suelos a partir de datos de laboratorio, y relacionar el origen y la formación de los depósitos de suelo con su comportamiento ingenieril esperado.
- Clasificar suelos según los sistemas USCS y AASHTO a partir de resultados de ensayos de distribución de tamaño de partículas y límites de Atterberg.
- Aplicar la teoría de compactación para especificar y controlar la compactación de movimiento de tierras en laboratorio y en campo.
- Determinar la permeabilidad del suelo, construir redes de flujo y calcular caudales de filtración usando la ley de Darcy.
- Explicar el principio de esfuerzos efectivos y analizar la capilaridad y la acción de las heladas en suelos parcialmente saturados.
- Seleccionar métodos apropiados de exploración del subsuelo, perforación y muestreo para un programa de investigación geotécnica.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Relaciones de Fase y Filtración, 66 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Relaciones de fase y propiedades índice de los suelos **II:** Sistemas de clasificación de suelos, incluyendo USCS y AASHTO **III:** Distribución del tamaño de partículas y límites de Atterberg **IV:** Teoría de compactación y métodos de control en campo **V:** Permeabilidad y ley de Darcy **VI:** Análisis de flujo de agua y redes de flujo **VII:** Principio de esfuerzos efectivos y presión de poro **VIII:** Capilaridad y succión del suelo **IX:** Acción de las heladas y propiedades térmicas de los suelos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular relaciones de fase y derivar propiedades índice a partir de datos de laboratorio [Usar] **II:** Clasificar suelos de acuerdo con los sistemas de clasificación USCS y AASHTO [Evaluar] **III:** Interpretar curvas de distribución de tamaño de partículas y cartas de plasticidad [Evaluar] **IV:** Aplicar la teoría de compactación al control de construcción en campo [Usar] **V:** Determinar la permeabilidad del suelo usando métodos de laboratorio y campo [Evaluar] **VI:** Construir redes de flujo y calcular caudales de filtración [Usar] **VII:** Explicar el principio de esfuerzos efectivos y su importancia ingenieril [Familiarizarse] **VIII:** Analizar la ascensión capilar y los efectos de succión en suelos parcialmente saturados [Evaluar] **IX:** Evaluar la susceptibilidad a las heladas y diseñar medidas de protección contra ellas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.2 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Planificación de la investigación y determinación del alcance **II:** Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo **III:** Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas **IV:** Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones **V:** Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos **VI:** Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono **VII:** Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro **VIII:** Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad **IX:** Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros **X:** Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos **XI:** Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación **XII:** Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] **II:** Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] **III:** Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] **IV:** Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] **V:** Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] **VI:** Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] **VII:** Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] **VIII:** Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] **IX:** Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] **X:** Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] **XI:** Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar] **XII:** Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.3 Geomorfología, Meteorización y Procesos de Erosión, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Meteorización física: fragmentación térmica, gelifracción y descompresión **II:** Meteorización química: hidrólisis, oxidación y disolución **III:** Meteorización biológica y bioerosión **IV:** Formación de suelos residuales a partir de la meteorización in situ **V:** Principales formas del relieve: valles, terrazas, abanicos aluviales y conos de deyección **VI:** Procesos de erosión hídrica, eólica y procesos de remoción en masa

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir los tipos de meteorización física, química y biológica presentes en un afloramiento [Familiarizarse] **II:** Relacionar el grado de meteorización de una roca con la calidad esperada de un macizo rocoso [Usar] **III:** Identificar formas del relieve y su origen geomorfológico [Familiarizarse] **IV:** Evaluar la susceptibilidad de una ladera a procesos erosivos y de remoción en masa [Evaluar] **V:** Aplicar criterios de clasificación de meteorización para estimar la durabilidad de materiales rocosos en taludes [Usar]

Bibliografía: [Tarbuck et al., 2014]

6. Bibliografía

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Tarbuck et al., 2014] Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., and Tasa, D. (2014). *Earth: An Introduction to Physical Geology*. Pearson, 11th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2H1 Mecánica de Fluidos I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 5to Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE1M1 Estática (3er Sem-Pág 343)
  - CE1M2 Dinámica (4to Sem-Pág 369)
  - MA211 Cálculo IV (4to Sem-Pág 385)

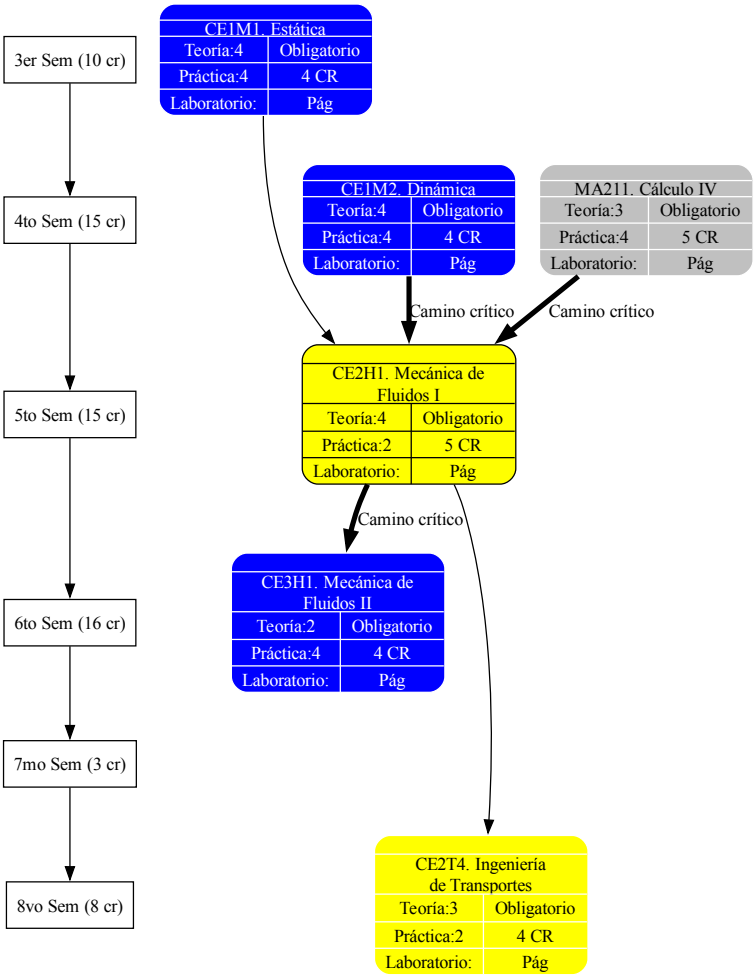


Figura 7.31: Mapa de Conexión. CE2H1 Mecánica de Fluidos I

2. Fundamentación

Mecánica de Fluidos I es el curso introductorio del área de Hidráulica que sienta las bases físicas y matemáticas -mecánica de materiales, mecánica analítica y termodinámica- necesarias para analizar el comportamiento de fluidos en reposo y en movimiento. El curso culmina con el planteamiento de las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes, la resolución de flujo en tuberías a presión y el diseño

preliminar de estructuras hidráulicas, preparando al estudiante para los cursos posteriores de la línea de Hidráulica.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar los principios de la mecánica de materiales y de la mecánica analítica al comportamiento de sistemas hidráulicos de ingeniería.
- Formular y simplificar las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes para problemas de flujo de ingeniería civil.
- Diseñar y verificar sistemas de flujo en tuberías a presión y estructuras hidráulicas básicas.
- Reconocer el rol de los métodos numéricos (elementos finitos) y de las herramientas termodinámicas en el análisis hidráulico moderno.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural, 13 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales **II:** Carga axial y deformación de elementos **III:** Torsión de secciones circulares y no circulares **IV:** Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas **V:** Distribución del esfuerzo cortante en vigas **VI:** Carga combinada y transformación de esfuerzos **VII:** Pandeo de columnas y análisis de estabilidad **VIII:** Mecánica de fatiga y fractura **IX:** Comportamiento elástico y plástico de los materiales **X:** Métodos energéticos para análisis estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] **II:** Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] **III:** Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] **IV:** Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] **V:** Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] **VI:** Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] **VII:** Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] **VIII:** Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] **IX:** Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] **X:** Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2017]

5.2 Cinemática y Dinámica de Partículas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Descripción vectorial de posición, velocidad y aceleración en coordenadas cartesianas, polares y esféricas **II:** Las tres leyes de movimiento de Newton y los marcos de referencia inerciales **III:** Formulación y solución de ecuaciones de movimiento para fuerzas constantes y variables **IV:** Fuerzas de fricción estática y cinética, incluyendo el ángulo de reposo **V:** Integración numérica de ecuaciones de movimiento para problemas de dinámica en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular las ecuaciones de movimiento de una partícula en una, dos y tres dimensiones dada una ley de fuerza [Usar] **II:** Identificar todas las fuerzas que actúan sobre una partícula y dibujar un diagrama de cuerpo libre correcto [Familiarizarse] **III:** Calcular la velocidad terminal de un objeto que cae a través de un fluido con resistencia por arrastre [Evaluar] **IV:** Implementar un algoritmo numérico para simular la dinámica de un sistema mecánico de ingeniería [Usar] **V:** Construir e interpretar diagramas de espacio de fase para sistemas oscilatorios de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Goldstein et al., 2002]

5.3 Marcos de Referencia no Inerciales y Fuerzas Ficticias, 21 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Transformaciones entre marcos de referencia inerciales y acelerados **II:** Fuerza centrífuga definida como $F_{cent} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}')$ **III:** Fuerza de Coriolis definida como $F_{Cor} = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$ **IV:** Fuerza de Euler para rotación no constante: $F_{Euler} = -m\frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r}'$ **V:** Gravedad efectiva en la Tierra en rotación: $g_{eff} = g - \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R})$ **VI:** Péndulo de Foucault como demostración de la rotación de la Tierra **VII:** Efecto Coriolis en los patrones climáticos globales y las corrientes oceánicas **VIII:** Precesión de Larmor en campos magnéticos vista como un efecto de marco rotatorio **IX:** Fuerzas de marea como efectos gravitatorios diferenciales en marcos co-rotatorios **X:** Conexión con el principio de equivalencia de la Relatividad General

Objetivos de Aprendizaje **I:** Transformar la segunda ley de Newton a un marco de referencia uniformemente rotatorio [Usar] **II:** Calcular las fuerzas centrífuga y de Coriolis para posiciones y velocidades dadas en un marco rotatorio [Usar] **III:** Predecir la dirección de desviación de los proyectiles debido a la rotación de la Tierra mediante el efecto Coriolis [Evaluar] **IV:** Explicar la precesión de un péndulo de Foucault en términos de la rotación de la Tierra [Familiarizarse] **V:** Calcular la aceleración gravitatoria efectiva en diferentes latitudes de la Tierra [Usar] **VI:** Analizar la precesión de Larmor utilizando el concepto de marcos de referencia rotatorios [Evaluar] **VII:** Comparar las fuerzas de marea con las fuerzas centrífugas en sistemas co-rotatorios [Evaluar]

Bibliografía: [Goldstein et al., 2002]

5.4 Mecánica Lagrangiana y Hamiltoniana, 21 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Principio de mínima acción y principio de acción estacionaria de Hamilton **II:** Definición de Lagrangiano: $L = T - V$ para sistemas conservativos **III:** Ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right) = \frac{\partial L}{\partial q_i}$ **IV:** Coordenadas generalizadas y el tratamiento de restricciones holonómicas **V:** Coordenadas cíclicas y las leyes de conservación asociadas **VI:** Transformada de Legendre del Lagrangiano al Hamiltoniano: $H = \sum p_i \dot{q}_i - L$ **VII:** Ecuaciones de Hamilton: $\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}$ y $\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$ **VIII:** Paréntesis de Poisson: $\{f, g\} = \sum\left(\frac{\partial f}{\partial q_i}\frac{\partial g}{\partial p_i} - \frac{\partial f}{\partial p_i}\frac{\partial g}{\partial q_i}\right)$ **IX:** Transformaciones canónicas y sus funciones generatrices **X:** Variables de acción-ángulo para sistemas hamiltonianos periódicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Construir el Lagrangiano para sistemas mecánicos simples en coordenadas generalizadas adecuadas [Usar] **II:** Deducir las ecuaciones de movimiento a partir de las ecuaciones de Euler-Lagrange [Usar] **III:** Identificar coordenadas cíclicas y sus magnitudes conservadas asociadas en un Lagrangiano dado [Evaluar] **IV:** Formular el Hamiltoniano a partir de un sistema lagrangiano dado [Usar] **V:** Resolver las ecuaciones de Hamilton para sistemas simples como el oscilador armónico [Usar] **VI:** Calcular los paréntesis de Poisson para pares de variables dinámicas [Usar] **VII:** Aplicar transformaciones canónicas para simplificar la descripción de sistemas hamiltonianos [Usar]

Bibliografía: [Goldstein et al., 2002]

5.5 Fundamentos de la Mecánica de Medios Continuos, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Hipótesis del continuo y definición de campos de densidad **II:** Tensor de tensión σ_{ij} y el concepto de fuerza por unidad de área **III:** Tensor de deformación ϵ_{ij} como medida de la deformación local **IV:** Ley de Hooke para materiales isotrópicos: $\sigma_{ij} = \lambda\epsilon_{kk}\delta_{ij} + 2\mu\epsilon_{ij}$ **V:** Ecuación de Navier-Stokes para fluidos viscosos: $\rho\left(\frac{\partial\vec{v}}{\partial t} + \vec{v}\cdot\nabla\vec{v}\right) = -\nabla p + \mu\nabla^2\vec{v} + \vec{f}$ **VI:** Principio de Bernoulli para flujo de fluidos no viscosos e incompresibles **VII:** Conservación de la masa y la ecuación de continuidad: $\frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla\cdot(\rho\vec{v}) = 0$ **VIII:** Conservación del momento expresada en forma de mecánica de medios continuos **IX:** Propagación de ondas en medios elásticos incluyendo ondas P y ondas S **X:** Viscosidad y reología de fluidos no Newtonianos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Interpretar el significado físico de las componentes del tensor de tensión [Familiarizarse] **II:** Calcular las componentes del tensor de deformación para deformaciones simples [Usar] **III:** Aplicar la ley de Hooke para relacionar tensión y deformación en materiales elásticos isotrópicos [Usar] **IV:** Simplificar la ecuación de Navier-Stokes para casos especiales como flujo estacionario o no viscoso [Usar] **V:** Aplicar el principio de Bernoulli para calcular variaciones de presión en el flujo de fluidos [Usar] **VI:** Deducir la ecuación de continuidad a partir del principio de conservación de la masa [Usar] **VII:** Analizar diferentes modos de propagación de ondas en sólidos elásticos [Evaluar]

Bibliografía: [Mase et al., 2010]

5.6 Leyes de la Termodinámica y Funciones de Estado, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ley Cero de la Termodinámica y el equilibrio de temperatura **II:** Primera Ley de la Termodinámica: $dU = dQ - dW$ para sistemas de ingeniería **III:** Entalpía $H = U + PV$ y su papel en los procesos de flujo y las reacciones químicas **IV:** Calores específicos C_V y C_P y su medición y aplicación en ingeniería **V:** Procesos adiabáticos y condiciones de flujo isentrópico en turbomáquinas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el trabajo realizado por un gas en expansiones isotérmica y adiabática en ciclos de ingeniería [Usar] **II:** Evaluar cambios de energía interna y aplicar la Primera Ley a procesos termodinámicos de ingeniería [Evaluar] **III:** Aplicar la relación de Mayer para determinar la razón de calores específicos de fluidos de trabajo en ingeniería [Usar] **IV:** Analizar las condiciones de flujo isentrópico en toberas y turbinas de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Cengel and Boles, 2019]

5.7 Teoría Cinética de los Gases, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Derivación de la presión macroscópica a partir de la transferencia de momento molecular **II:** Distribución de Maxwell-Boltzmann de velocidades y sus implicaciones en ingeniería **III:** Teorema de equipartición y grados de libertad para gases monoatómicos y poliatómicos **IV:** Recorrido libre medio y su relevancia para el flujo de gases y la ingeniería de vacío **V:** Fenómenos de transporte: viscosidad, conductividad térmica y difusión en gases de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular las velocidades cuadrática media y promedio de gases de trabajo en ingeniería [Usar] **II:** Interpretar la distribución de Maxwell-Boltzmann y su dependencia de la temperatura para aplicaciones de ingeniería [Evaluar] **III:** Calcular el recorrido libre medio y relacionarlo con la viscosidad en problemas de aerodinámica de ingeniería [Usar] **IV:** Estimar la conductividad térmica y la viscosidad de un gas a partir de la teoría cinética para el diseño de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Cengel and Boles, 2019]

5.8 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO), 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ecuaciones de primer orden: formas separables, lineales y exactas

Objetivos de Aprendizaje I: Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]

Bibliografía: [Boyce and DiPrima, 2017]

5.9 Dinámica de Fluidos Matemática, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Hipótesis del continuo, derivada material y teorema del transporte de Reynolds **II:** Ecuaciones de Euler para flujo no viscoso: forma conservativa, vorticidad y flujo potencial **III:** Ecuaciones de Navier-Stokes: deducción, soluciones exactas y análisis dimensional **IV:** Teoría de la capa límite: ecuaciones de Prandtl y solución de Blasius **V:** Turbulencia: promediado de Reynolds, modelo k-ε y simulación numérica directa

Objetivos de Aprendizaje I: Derivar las ecuaciones de Navier-Stokes a partir de principios de conservación e identificar el significado físico de cada término [Familiarizarse] **II:** Analizar flujos no viscosos usando las ecuaciones de Euler y aplicar el principio de Bernoulli [Usar] **III:** Aplicar la teoría de la capa límite para estimar el arrastre sobre una placa plana y comparar con la solución de Blasius [Evaluar]

Bibliografía: [Chorin and Marsden, 1993]

5.10 Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach **II:** Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías **III:** Métodos de análisis de redes de tuberías **IV:** Características de bombas y curvas del sistema **V:** Selección de bombas y requisitos de instalación **VI:** Golpe de ariete y análisis de transitorios **VII:** Diseño de tuberías y selección de materiales **VIII:** Bombas de velocidad variable y eficiencia energética **IX:** Modelación y optimización de redes **X:** Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar] **II:** Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar] **III:** Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar] **IV:** Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar] **V:** Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar] **VI:** Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar] **VII:** Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar] **VIII:** Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar] **IX:** Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar] **X:** Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]

Bibliografía: [White, 2016]

5.11 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [White, 2016]

5.12 Métodos Numéricos para EDO y EDP, 8 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Métodos de Runge-Kutta y paso adaptativo para problemas de EDO en ingeniería **II:** Análisis de estabilidad y rigidez en integradores numéricos de EDO de ingeniería **III:** Discretización por diferencias finitas de EDP de ingeniería (ecuación de calor, ecuación de Laplace) **IV:** Elementos finitos y métodos de disparo para problemas de valores de frontera en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar un integrador Runge-Kutta de cuarto orden para un problema de vibración mecánica [Usar] **II:** Determinar la región de estabilidad absoluta de un esquema explícito de avance temporal [Evaluar] **III:** Discretizar la ecuación de calor 2D usando diferencias finitas y plantear el sistema lineal resultante [Usar] **IV:** Comparar los enfoques de diferencias finitas y elementos finitos para resolver una EDP de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Chapra and Canale, 2015]

5.13 Método de Elementos Finitos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Formulación débil (variacional) de problemas de valor en la frontera y espacios de Sobolev **II:** Método de Galerkin: espacios de aproximación de dimensión finita y matriz de rigidez **III:** Espacios de elementos finitos triangulares y cuadriláteros: elementos de Lagrange y conformidad **IV:** Estimaciones de error a priori: lema de Céa y cotas de error de interpolación **V:** Estimaciones de error a posteriori y refinamiento adaptativo de malla

Objetivos de Aprendizaje I: Derivar la formulación débil de un PVE elíptico y mostrar su equivalencia con la forma fuerte [Familiarizarse] **II:** Ensamblar la matriz de rigidez global y el vector de carga para una discretización lineal por elementos finitos [Usar] **III:** Estimar el error en H^1 de una solución por elementos finitos usando el lema de Céa y la teoría de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Reddy, 2019]

6. Bibliografía

[Boyce and DiPrima, 2017] Boyce, W. E. and DiPrima, R. C. (2017). *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems*. Wiley, 11th edition.

[Cengel and Boles, 2019] Cengel, Y. A. and Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill, 9th edition.

[Chapra and Canale, 2015] Chapra, S. C. and Canale, R. P. (2015). *Numerical Methods for Engineers*. McGraw-Hill, 7th edition.

[Chorin and Marsden, 1993] Chorin, A. J. and Marsden, J. E. (1993). *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics*. Springer, 3rd edition.

[Goldstein et al., 2002] Goldstein, H., Poole, C., and Safko, J. (2002). *Classical Mechanics*. Addison Wesley, 3rd edition.

[Hibbeler, 2017] Hibbeler, R. (2017). *Mechanics of Materials*. Pearson, 10th edition.

[Mase et al., 2010] Mase, G. T., Smelser, R. E., and Mase, G. E. (2010). *Continuum Mechanics for Engineers*. CRC Press, 3rd edition.

[Reddy, 2019] Reddy, J. N. (2019). *An Introduction to the Finite Element Method*. McGraw-Hill, 4th edition.

[White, 2016] White, F. M. (2016). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill, 8th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 5to Sem. **Créditos**: 6
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - MA211 Cálculo IV (4to Sem-Pág 385)

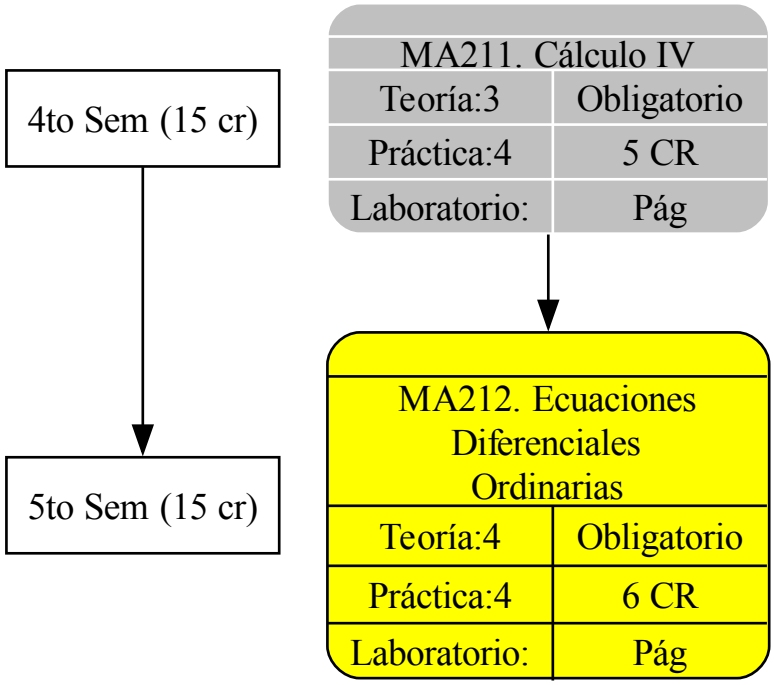


Figura 7.32: Mapa de Conexión. MA212 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

2. Fundamentación

El curso de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias proporciona las herramientas matemáticas para analizar sistemas que evolucionan respecto a una sola variable independiente. Se enfoca en la modelación de sistemas dinámicos mediante ecuaciones de primer orden, orden superior y sistemas de ecuaciones, utilizando métodos analíticos y numéricos. Es fundamental para la comprensión de la mecánica, circuitos eléctricos y modelos poblacionales.

3. Objetivos del curso.

- Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y orden superior mediante métodos analíticos.
- Aplicar la transformada de Laplace para resolver problemas de valor inicial con funciones discontinuas.
- Analizar la estabilidad de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.
- Implementar métodos numéricos para la aproximación de soluciones en modelos complejos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden (EDO), 20 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Modelado con ecuaciones de primer orden: crecimiento, mezclas y enfriamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Resolver EDO lineales de primer orden usando factores integrantes [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.2 Ecuaciones Diferenciales de Orden Superior y Sistemas (EDO), 40 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Definición y propiedades de la Transformada de Laplace; transformadas inversas y teoremas de traslación **II:** Derivadas de una transformada e integrales de convolución

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar el método de la transformada de Laplace para resolver EDO lineales de ingeniería con condiciones iniciales [Usar] **II:** Modelar un oscilador mecánico amortiguado o un circuito RLC como una EDO lineal de segundo orden [Usar] **III:** Analizar la estabilidad y la respuesta transitoria de sistemas de ingeniería descritos por sistemas de EDO [Evaluar] **IV:** Formular representaciones en espacio de estados para sistemas dinámicos de ingeniería con múltiples variables [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.3 Métodos Numéricos para EDO y EDP, 36 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Retratos de fase y linealización de sistemas de ingeniería no lineales **II:** Estabilidad de puntos críticos y sistemas no lineales

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar un integrador Runge-Kutta de cuarto orden para un problema de vibración mecánica [Usar] **II:** Determinar la región de estabilidad absoluta de un esquema explícito de avance temporal [Evaluar] **III:** Discretizar la ecuación de calor 2D usando diferencias finitas y plantear el sistema lineal resultante [Usar] **IV:** Comparar los enfoques de diferencias finitas y elementos finitos para resolver una EDP de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

6. Bibliografía

[Boyce et al., 2017] Boyce, W. E., DiPrima, R. C., and Meade, D. B. (2017). *Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera*. Limusa Wiley, 11th edition.

[Zill, 2018] Zill, D. G. (2018). *Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado*. Cengage Learning, 11th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ID202 Inglés IV (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 5to Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - ID201 Inglés III (4to Sem-Pág 393)

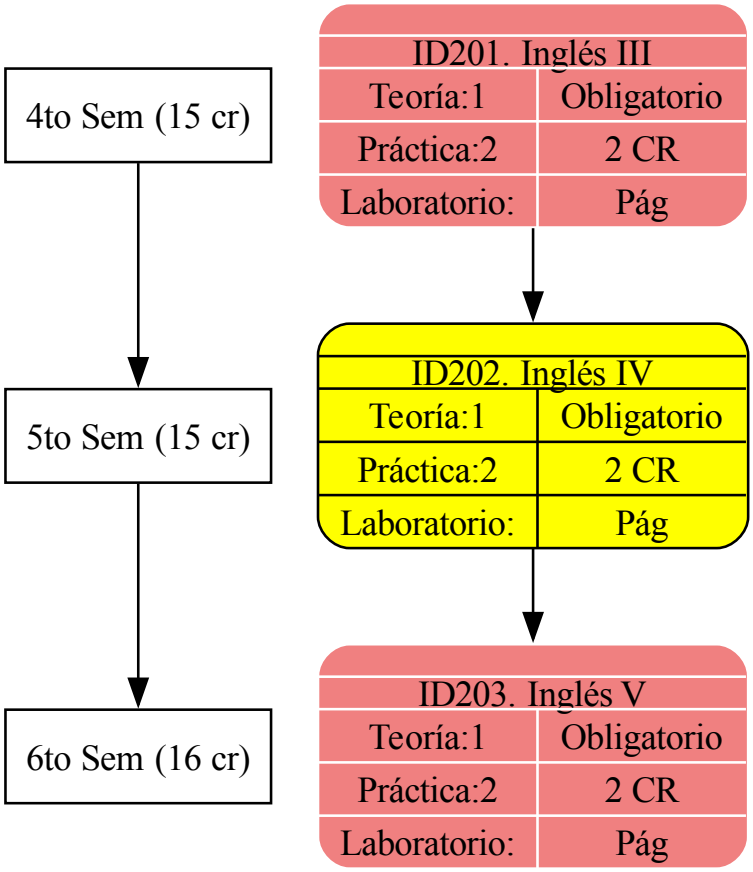


Figura 7.33: Mapa de Conexión. ID202 Inglés IV

2. Fundamentación

En el nivel intermedio, los estudiantes aplican el inglés al rango completo de comunicación técnica requerida en la práctica de la computación y la ingeniería: lectura de artículos de investigación, redacción de documentos técnicos estructurados, análisis de estudios de caso y participación en diálogos profesionales. Las estructuras gramaticales se enseñan a través de contextos auténticos de computación e ingeniería, reforzando simultáneamente la competencia lingüística y el conocimiento disciplinar.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar la capacidad de escribir y leer documentos técnicos estructurados en inglés.
- Llevar al estudiante a una expresión más fluida y natural en el inglés técnico y científico.
- Dominar el vocabulario de computación, ingeniería de sistemas y ciencias aplicadas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Buenas Prácticas y Ética, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Modales de obligación y consejo: Should, Must, Have to en códigos de ingeniería. **II:** Prohibición y ausencia de obligación en licencias de software y privacidad de datos. **III:** Vocabulario: Ética profesional, propiedad intelectual, IA responsable. **IV:** Redacción: Documentos formales de recomendación técnica y política.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar la unidad, el estudiante utiliza correctamente los auxiliares modales para expresar estándares de ingeniería, obligaciones éticas y recomendaciones profesionales en entornos técnicos formales.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.2 Fallos y Causas Raíz, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Pasado Perfecto: Estructura y uso en análisis de causa raíz y post-mortems. **II:** Contraste entre Pasado Simple, Continuo y Perfecto en cronologías de fallos. **III:** Vocabulario: Interrupciones de sistema, brechas de seguridad, fallos en cascada. **IV:** Expresiones para reportar información: estilo indirecto en informes de incidentes.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante reconstruye cronologías complejas de fallos y análisis de causas raíz estableciendo secuencias cronológicas claras mediante el contraste de tiempos de pasado.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.3 Lógica Si-Entonces, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Condicionales Tipo 0, 1 y 2 aplicados a la lógica computacional y decisiones de ingeniería. **II:** Oraciones con Ïfz Ünless"para restricciones y requisitos de sistemas. **III:** Vocabulario: Escenarios hipotéticos, análisis de riesgo y trade-offs de optimización. **IV:** Pensamiento de diseño hipotético: Ïf we used X, the system would..."

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante plantea escenarios técnicos reales e hipotéticos y sus consecuencias, utilizando estructuras condicionales para razonar sobre decisiones de diseño e ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.4 Investigación en Curso, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Presente Perfecto Continuo para describir investigación en progreso. **II:** Contraste entre Presente Perfecto Simple y Continuo en escritura científica. **III:** Vocabulario: Integración continua, desarrollo ágil, investigación iterativa. **IV:** Formación de palabras: Prefijos y sufijos en terminología científica y técnica.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante describe actividades de investigación y procesos de desarrollo que comenzaron en el pasado y continúan en el presente, enfatizando la duración y el progreso iterativo.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.5 Fabricación y Despliegue, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Voz Pasiva en todos los tiempos básicos para descripciones de procesos técnicos. **II:** Verbos con dos objetos en pasiva: data is sent to the server by the client. **III:** Vocabulario: Fabricación de hardware, despliegue en la nube, pipelines CI/CD. **IV:** Redacción: Descripción técnica de un proceso de despliegue o producción.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante utiliza la voz pasiva en múltiples tiempos verbales para describir procesos técnicos donde la acción, el sistema o el resultado es el foco en lugar del agente.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.6 Hojas de Ruta Tecnológicas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Futuro Continuo y Futuro Perfecto para cronogramas e hitos de proyectos. **II:** Adverbios de probabilidad: perhaps, probably, definitely — en prospectiva tecnológica. **III:** Vocabulario: Hojas de ruta de producto, planificación de versiones, áreas de investigación emergente. **IV:** Presentaciones orales: .[E1] estado de la IA / computación cuántica en 5 años".

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante proyecta estados técnicos, hitos futuros completados y resultados de investigación, discutiendo hojas de ruta de computación e ingeniería con vocabulario avanzado.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.7 Equipos Técnicos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Preguntas indirectas y etiquetas (Tag questions) en entrevistas técnicas y revisiones de pares. **II:** Phrasal Verbs comunes en entornos de ingeniería e investigación. **III:** Vocabulario: Herramientas de colaboración, prácticas de revisión de código, roles de equipo. **IV:** Redacción: Publicaciones cortas de blog técnico y actualizaciones de equipo de ingeniería.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante utiliza formas de consulta cortés y estrategias de confirmación en entrevistas técnicas y discusiones de equipo, mejorando su fluidez y naturalidad en contextos profesionales de ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.8 Inglés Técnico IV: Redes y Seguridad, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Terminología de redes: protocolos, topologías, modelo OSI, enrutamiento. **II:** Vocabulario de ciberseguridad: vulnerabilidades, amenazas, cifrado, autenticación. **III:** Lectura y redacción de informes de incidentes de red y auditorías de seguridad. **IV:** Proyecto: Evaluación de seguridad para una infraestructura computacional.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar el curso, el estudiante domina la terminología técnica de redes y ciberseguridad para leer documentación especializada y comunicarse eficazmente con profesionales de TI y seguridad en inglés.

Bibliografía: [Soars and John, 2002d, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

6. Bibliografía

[Cambridge, 2006] Cambridge (2006). *Diccionario Inglés-Espanol Cambridge*. Editorial Oxford.

[MacGrew, 1999] MacGrew, J. (1999). *Focus on Grammar Basic*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002d] Soars, L. and John (2002d). *American Headway N 2 Student Book*. Editorial Oxford.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
CE2M2 Mecánica de Materials II (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 5to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)

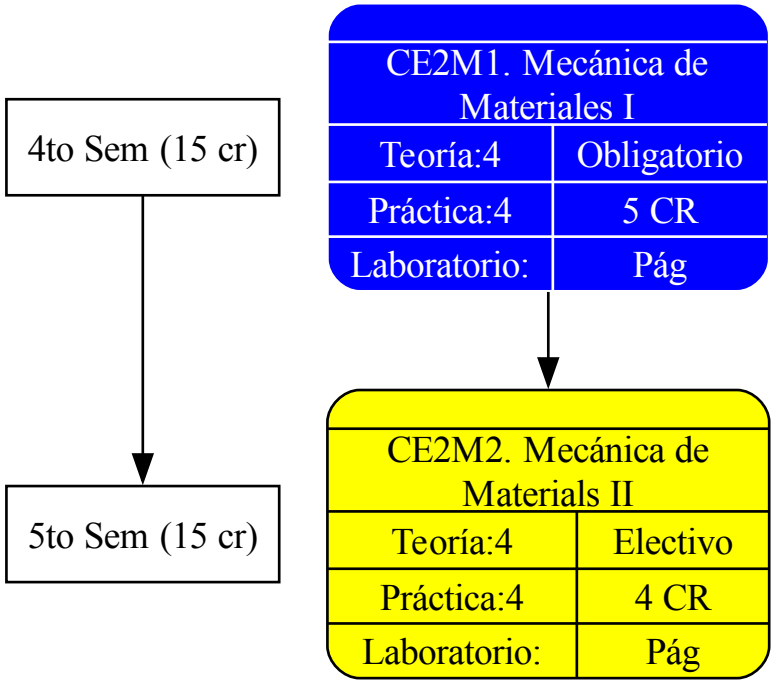


Figura 7.34: Mapa de Conexión. CE2M2 Mecánica de Materials II

2. Fundamentación

La mecánica de materiales II es la continuación avanzada del estudio de los sólidos deformables. Este curso aborda problemas de mayor complejidad técnica, como la deflexión de vigas utilizando diversos métodos, la estabilidad elástica de columnas y el análisis de fallas por esfuerzos combinados. Estos conceptos permiten a los estudiantes realizar diseños estructurales más refinados y comprender los límites de falla por inestabilidad, asegurando la integridad de edificios y estructuras de ingeniería civil.

3. Objetivos del curso.

- Determinar deflexiones y pendientes en vigas utilizando los métodos de integración, área-momento y energía.
- Analizar y diseñar columnas sometidas a carga axial considerando el pandeo elástico e inelástico.
- Aplicar teorías de falla para materiales dúctiles y frágiles en el diseño de elementos bajo estados de esfuerzo complejos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Deflexión de vigas, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Ecuación de la curva elástica. **II:** Método de doble integración y funciones de discontinuidad. **III:** Método del área de momentos y método de la viga conjugada. **IV:** Análisis de vigas estáticamente indeterminadas por superposición.

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular desplazamientos y rotaciones en vigas bajo diversas condiciones de carga y apoyo [Evaluar]. **II:** Resolver estructuras estáticamente indeterminadas mediante el análisis de compatibilidad de deformaciones [Usar].

Bibliografía: [Hibbeler, 2017, Gere and Goodno, 2017]

5.2 Estabilidad de columnas, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Concepto de estabilidad y carga crítica de Euler. **II:** Columnas con diferentes condiciones de apoyo: longitud efectiva. **III:** Pandeo inelástico y fórmula de la secante. **IV:** Diseño de columnas bajo carga concéntrica y excéntrica.

Objetivos de Aprendizaje I: Determinar la carga máxima que una columna esbelta puede soportar antes de fallar por inestabilidad [Evaluar]. **II:** Diseñar secciones transversales de columnas que cumplan con los códigos de seguridad estructural [Usar].

Bibliografía: [Hibbeler, 2017]

5.3 Métodos de energía y teorías de falla, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Energía de deformación debido a carga axial, flexión y torsión. **II:** Teorema de Castigliano y su aplicación a deflexiones. **III:** Teorías de falla para materiales dúctiles: Tresca y von Mises. **IV:** Teorías de falla para materiales frágiles: Mohr-Coulomb.

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar principios de energía para resolver problemas de desplazamiento en estructuras de geometría compleja [Usar]. **II:** Predecir el inicio de la fluencia o fractura de un material bajo estados de esfuerzo combinados [Evaluar].

Bibliografía: [Gere and Goodno, 2017]

6. Bibliografía

[Gere and Goodno, 2017] Gere, J. and Goodno, B. (2017). *Mechanics of Materials*. Cengage Learning, 9th edition.

[Hibbeler, 2017] Hibbeler, R. (2017). *Mechanics of Materials*. Pearson, 10th edition.

Sexto Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2G2 Mecánica de Suelos II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 6to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem-Pág 397)

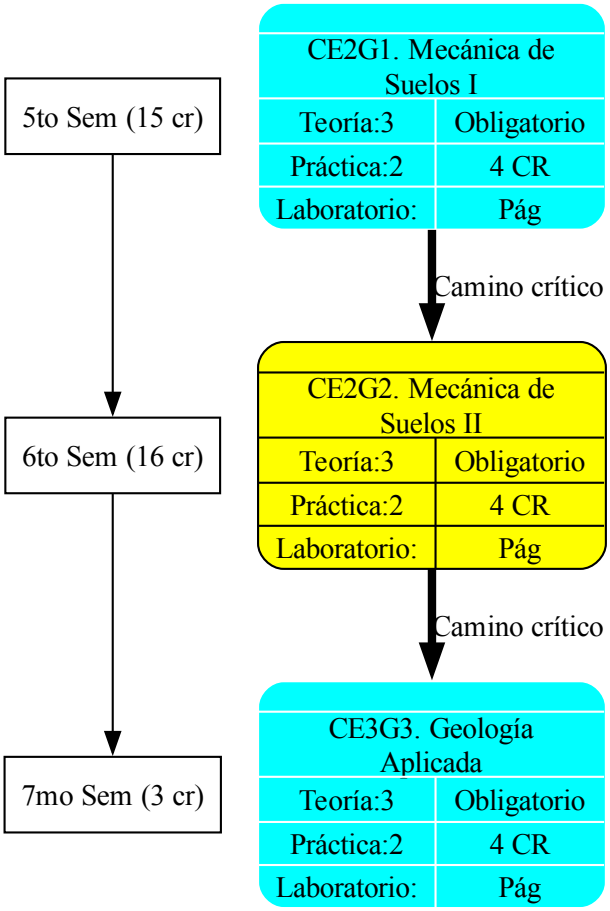


Figura 7.35: Mapa de Conexión. CE2G2 Mecánica de Suelos II

2. Fundamentación

Mecánica de Suelos II se apoya directamente en Mecánica de Suelos I, extendiendo el marco de relaciones de fase y comportamiento hidráulico ya desarrollado allí hacia el comportamiento de esfuerzo-deformación y resistencia que rige la respuesta de los suelos ante la carga. El curso desarrolla primero la teoría de resistencia al corte y la interpretación de ensayos de laboratorio, la consolidación

unidimensional y la predicción de asentamientos, y la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas, para luego aplicar este marco de comportamiento a cuatro problemas principales de diseño geotécnico: presión lateral de tierra y estructuras de retención, estabilidad de taludes y mitigación de deslizamientos, diseño de cimentaciones superficiales, y diseño de cimentaciones profundas (pilotes y pilotes perforados). Como segundo curso, de panorama amplio, de la línea de Ingeniería Geotécnica, cada tema de diseño se introduce a un nivel apropiado para una primera exposición; los estudiantes que continúen hacia las electivas de especialización del track revisitarán estos mismos temas a un nivel sustancialmente más profundo.

3. Objetivos del curso.

- Determinar parámetros de resistencia al corte de suelos a partir de datos de ensayos de corte directo y triaxial, y distinguir el comportamiento drenado del no drenado.
- Predecir el asentamiento por consolidación y su velocidad temporal para arcillas saturadas, y calcular la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas.
- Aplicar la teoría de presión lateral de tierra al diseño de muros de retención, muros anclados y sistemas de tierra mecánicamente estabilizada.
- Analizar la estabilidad de taludes naturales e ingenieriles y diseñar medidas de estabilización para los modos de falla identificados.
- Diseñar cimentaciones superficiales (aisladas, combinadas, losa) con base en criterios de capacidad portante y asentamiento.
- Diseñar cimentaciones profundas (pilotes y pilotes perforados) considerando capacidad axial, capacidad lateral y efectos de grupo.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Resistencia al Corte y Consolidación, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Resistencia al corte de suelos y criterio de falla de Mohr-Coulomb **II:** Métodos de ensayo de corte directo y triaxial **III:** Comportamiento a resistencia al corte drenada y no drenada **IV:** Teoría de la consolidación y análisis de asentamientos **V:** Velocidad temporal de consolidación y grado de consolidación **VI:** Distribución de esfuerzos en masas de suelo usando teoría elástica **VII:** Conceptos de mecánica de suelos en estado crítico **VIII:** Resistencia al corte residual y sensibilidad de arcillas **IX:** Compresión secundaria y comportamiento por fluencia lenta **X:** Anisotropía y efectos de la trayectoria de esfuerzos en el comportamiento del suelo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar el criterio de Mohr-Coulomb para determinar parámetros de resistencia al corte [Familiarizarse] **II:** Interpretar resultados de ensayos de corte directo y triaxial [Evaluar] **III:** Distinguir entre condiciones de carga drenadas y no drenadas [Usar] **IV:** Calcular asentamientos por consolidación usando teoría unidimensional [Evaluar] **V:** Predecir la velocidad temporal de asentamiento para suelos en consolidación [Usar] **VI:** Calcular la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas usando la teoría de Boussinesq [Evaluar] **VII:** Explicar los conceptos de estado crítico y su aplicación al comportamiento del suelo [Familiarizarse] **VIII:** Evaluar la resistencia residual y la sensibilidad para problemas de estabilidad de taludes [Evaluar] **IX:** Estimar la compresión secundaria para suelos altamente plásticos [Usar] **X:** Analizar los efectos de las trayectorias de esfuerzos y la anisotropía en la respuesta del suelo [Familiarizarse]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.2 Sistemas de Retención de Tierra, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de presiones de tierra, incluyendo presiones activa y pasiva **II:** Tipos de muros de retención y criterios de selección **III:** Métodos de ensayo de carga, incluyendo pruebas estáticas y dinámicas **IV:** Muros anclados y sistemas con anclaje posterior **V:** Muros de tierra mecánicamente estabilizada y sistemas de suelo reforzado **VI:** Diseño de muros de sótano y de fundación considerando condiciones de restricción en la cabeza del muro **VII:** Diseño de muros de contención con contrafuertes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar teorías de presión lateral de tierra para el diseño de muros de retención [Evaluar] **II:** Diseñar muros de retención de gravedad y en voladizo [Usar] **III:** Diseñar sistemas de muros anclados, incluyendo capacidad de anclajes al terreno [Evaluar] **IV:** Dimensionar muros de tierra mecánicamente estabilizada y seleccionar refuerzo [Usar] **V:** Diseñar muros de sótano y de fundación considerando la restricción en la cabeza del muro, sobrecarga y presión hidrostática [Evaluar] **VI:** Diseñar muros de contención con contrafuertes, incluyendo pantalla, talón, puntera y contrafuertes [Usar]

Bibliografía: [Das, 2019, Coduto, 2001]

5.3 Análisis y Estabilización de Taludes, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de taludes infinitos para geometrías simples **II:** Método de las dovelas y análisis de equilibrio límite **III:** Superficies de falla circulares y no circulares **IV:** Determinación del factor de seguridad y criterios de aceptación **V:** Cartas de estabilidad y métodos simplificados **VI:** Tipos de deslizamientos y mecanismos de falla **VII:** Estabilidad sísmica de taludes y análisis pseudo-estático **VIII:** Métodos de estabilización, incluyendo drenaje y refuerzo **IX:** Sistemas de monitoreo y alerta temprana para taludes inestables **X:** Análisis probabilístico de estabilidad de taludes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de estabilidad de taludes infinitos para taludes uniformes [Evaluar] **II:** Aplicar el método de las dovelas para analizar la estabilidad de taludes [Usar] **III:** Analizar taludes con superficies de falla circulares y no circulares [Evaluar] **IV:** Calcular factores de seguridad e interpretar los resultados [Usar] **V:** Usar cartas de estabilidad para evaluación rápida de taludes [Evaluar] **VI:** Identificar tipos de deslizamientos y sus características distintivas [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la estabilidad sísmica usando métodos pseudo-estáticos [Usar] **VIII:** Diseñar medidas de estabilización de taludes para modos de falla específicos [Evaluar] **IX:** Implementar sistemas de monitoreo para taludes potencialmente inestables [Usar] **X:** Conducir análisis probabilístico de estabilidad considerando la incertidumbre de los parámetros [Evaluar]

Bibliografía: [Duncan et al., 2014]

5.4 Capacidad Portante y Diseño, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.5 Cimentaciones Profundas, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Tipos de pilotes y métodos de instalación **II:** Capacidad axial de pilotes individuales en suelos cohesivos y granulares **III:** Capacidad a carga lateral y método p-y **IV:** Comportamiento de grupos de pilotes y eficiencia del grupo **V:** Diseño de pilotes perforados y consideraciones de construcción **VI:** Fricción negativa y fuerzas de arrastre hacia abajo

Objetivos de Aprendizaje I: Seleccionar tipos de pilotes apropiados basándose en condiciones del suelo y cargas [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad axial de pilotes usando métodos estáticos [Evaluar] **III:** Analizar pilotes cargados lateralmente usando curvas p-y [Usar] **IV:** Evaluar la capacidad y asentamiento de grupos de pilotes [Evaluar] **V:** Diseñar cimentaciones con pilotes perforados, incluyendo diámetro y refuerzo del fuste [Usar] **VI:** Interpretar resultados de ensayos de carga en pilotes y verificar supuestos de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

6. Bibliografía

[Coduto, 2001] Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices.* Prentice Hall, 2nd edition.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering.* Cengage Learning, 9th edition.

[Duncan et al., 2014] Duncan, J. M., Wright, S. G., and Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability.* John Wiley & Sons, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2T1 Geomática Básica (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 6to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

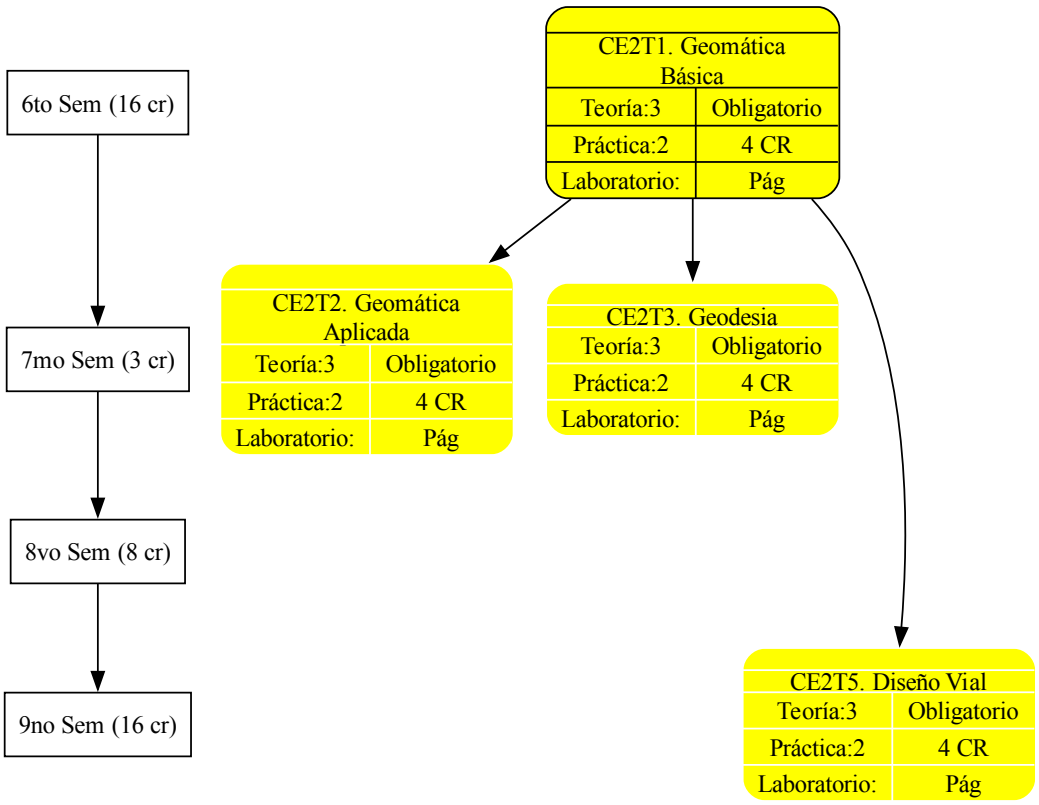


Figura 7.36: Mapa de Conexión. CE2T1 Geomática Básica

2. Fundamentación

Basic Geomatics introduces the civil engineering student to the fundamental ground-based measurement and positioning techniques used to characterize terrain and set out construction works. The course covers measurement theory and error propagation, horizontal measurement and traverse computation (planimetry), the operation of total stations and theodolites, vertical control through differential and trigonometric leveling and its application to profiles, cross-sections, and earthwork volume computation, modern GNSS positioning methods, and the production of topographic maps and digital terrain models, including their use in Building Information Modeling (BIM) workflows. The course closes with construction layout and stakeout surveying. This knowledge constitutes the indispensable field and computational foundation for subsequent courses in Roads and Highways, Hydraulics, and Structural and Geotechnical design, all of which depend on accurate site measurement and representation.

3. Objetivos del curso.

- Apply measurement theory and error propagation to evaluate the precision of surveying observations.
- Perform planimetric surveys, computing and adjusting traverse closures using total stations and allied field methods.
- Perform differential and trigonometric leveling, deriving elevations, longitudinal profiles, and cross-sections, and use them to compute earthwork volumes.
- Use GNSS (static and RTK) methods for horizontal and vertical positioning on civil engineering projects.
- Produce topographic maps and digital terrain models, including BIM-oriented digital models, and apply surveying techniques to the construction layout and stakeout of civil works.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos de Topografía y Teoría de la Medición, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** El rol de la topografía en la ingeniería civil: topografía geodésica vs. plana, y control horizontal y vertical **II:** Fuentes y tipos de error de medición; precisión, exactitud y cifras significativas **III:** Unidades y sistemas de coordenadas usados en topografía: UTM, cuadrículas locales y datums

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir entre topografía geodésica y plana e identificar cuál aplica a un proyecto de ingeniería civil dado [Familiarizarse] **II:** Propagar y evaluar el error de medición en una cantidad topográfica calculada [Usar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015]

5.2 Planimetría, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de medición de distancias: cinta y medición electrónica de distancias, y reducción al horizonte **II:** Medición de ángulos horizontales y verticales, y ajuste angular **III:** Cómputo de poligonales: latitudes, departamentos, error de cierre y ajuste de coordenadas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el error de cierre de una poligonal y ajustar sus coordenadas usando un método aceptado (p. ej. la regla de la brújula) [Usar] **II:** Determinar las coordenadas de puntos desconocidos a partir de observaciones de campo de ángulos y distancias [Evaluar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015]

5.3 Estación Total y Teodolito, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Instalación, orientación y operación de campo de la estación total y el teodolito **II:** Principios de la medición electrónica de distancias (EDM) y sus fuentes de error

Objetivos de Aprendizaje **I:** Operar una estación total para recolectar mediciones de campo horizontales y verticales [Usar] **II:** Explicar las fuentes de error instrumental en las mediciones con estación total y cómo minimizarlas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015, Kavanagh, 2019]

5.4 Nivelación y Control Vertical, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Nivelación diferencial: puntos de referencia (BM), lecturas de vista atrás/adelante, y circuitos de nivelación **II:** Nivelación trigonométrica para la determinación indirecta de elevaciones **III:** Nivelación de perfiles y secciones transversales para el diseño de infraestructura lineal

Objetivos de Aprendizaje **I:** Ejecutar un circuito de nivelación diferencial y calcular elevaciones con un error de cierre dentro de la tolerancia [Usar] **II:** Generar un perfil longitudinal y secciones transversales a partir de datos de nivelación de campo [Usar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015]

5.5 Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Métodos de cómputo de volúmenes de corte y relleno: área media y prismoidal **II:** Diagramas de masas para la planificación del balance de tierras y las distancias de acarreo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular los volúmenes de corte y relleno de un proyecto lineal de movimiento de tierras a partir de datos de secciones transversales [Usar] **II:** Construir un diagrama de masas para planificar el balance de tierras y las distancias de acarreo [Usar]

Bibliografía: [Uren and Price, 2010]

5.6 Topografía GNSS, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Principios de posicionamiento GNSS: constelaciones satelitales, señales y fuentes de error **II:** Métodos de topografía GNSS estático y cinemático en tiempo real (RTK) **III:** Sistemas de referencia de coordenadas y transformaciones de datum para datos GNSS

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar los métodos de topografía GNSS estático y RTK, e identificar cuál se ajusta a un requisito de precisión dado [Familiarizarse] **II:** Transformar coordenadas derivadas de GNSS entre datums de referencia para su uso en un proyecto local [Usar]

Bibliografía: [Sickle, 2015]

5.7 Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Representación mediante curvas de nivel e interpretación del relieve del terreno **II:** Generación de Modelos Digitales de Terreno (DTM) a partir de datos de campo o GNSS **III:** Elaboración de planos topográficos y convenciones cartográficas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Generar un plano de curvas de nivel a partir de datos de levantamiento de campo [Usar] **II:** Elaborar un modelo digital de terreno (DTM) a partir de un levantamiento topográfico de puntos [Evaluar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015, Kavanagh, 2019]

5.8 Replanteo de Obra, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de replanteo para la alineación horizontal y vertical de obras civiles **II:** Verificación topográfica as-built contra la geometría de diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Replantear una alineación horizontal (p. ej. el eje de una vía o la esquina de una edificación) a partir de coordenadas de diseño [Usar] **II:** Verificar la geometría as-built de una construcción contra las especificaciones de diseño usando datos topográficos [Evaluar]

Bibliografía: [Kavanagh, 2019]

6. Bibliografía

[Ghilani and Wolf, 2015] Ghilani, C. D. and Wolf, P. R. (2015). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson, 14th edition.

[Kavanagh, 2019] Kavanagh, B. F. (2019). *Surveying: Principles and Applications*. Pearson, 10th edition.

[Sickle, 2015] Sickle, J. V. (2015). *GPS for Land Surveyors*. CRC Press, 4th edition.

[Uren and Price, 2010] Uren, J. and Price, W. F. (2010). *Surveying for Engineers*. Palgrave Macmillan, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H1 Mecánica de Fluidos II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 6to Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)

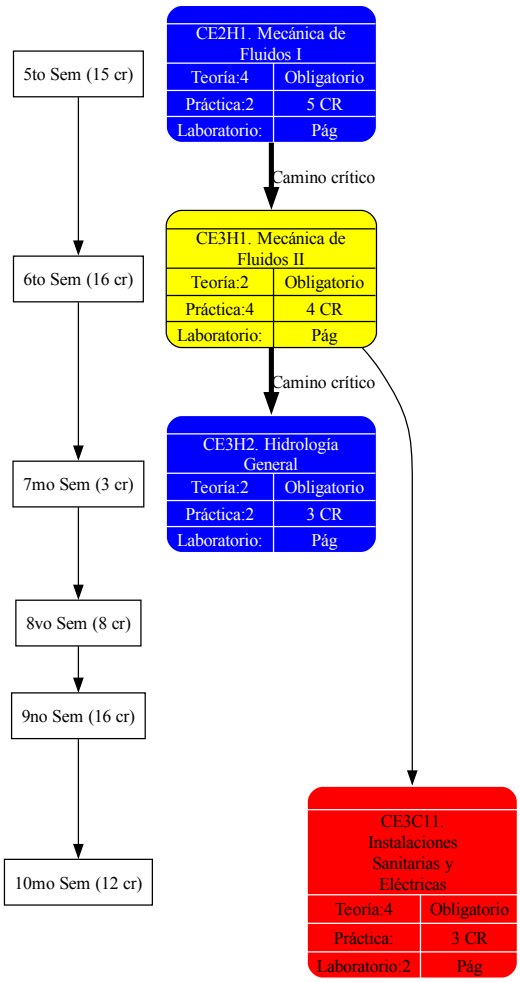


Figura 7.37: Mapa de Conexión. CE3H1 Mecánica de Fluidos II

2. Fundamentación

Mecánica de Fluidos II profundiza el análisis y diseño hidráulico iniciado en Mecánica de Fluidos I, cubriendo tres grandes bloques: el flujo en tuberías a presión y los sistemas de bombeo (incluyendo redes, transitorios y modelación con software especializado), el flujo en canales abiertos (régimen uniforme, energía específica, flujo rápidamente y gradualmente variado, y modelación con HEC-RAS), y el diseño de estructuras hidráulicas de control (vertederos, compuertas, sifones invertidos y alcantarillas). El curso combina el desarrollo analítico clásico con el uso de herramientas de modelación hidráulica (WaterCAD, HEC-RAS) que se emplean en la práctica profesional.

3. Objetivos del curso.

- Analizar y diseñar sistemas de tuberías a presión, incluyendo redes, bombas y fenómenos transitorios como el golpe de ariete.
- Aplicar herramientas de modelación hidráulica (WaterCAD, HEC-RAS) para el análisis de redes de tuberías y de flujo en canales.
- Analizar el flujo uniforme y variado en canales abiertos y diseñar secciones de canal eficientes y estables.
- Diseñar estructuras hidráulicas de control como vertederos, compuertas, sifones invertidos y alcantarillas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo, 42 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach **II:** Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías **III:** Métodos de análisis de redes de tuberías **IV:** Características de bombas y curvas del sistema **V:** Selección de bombas y requisitos de instalación **VI:** Golpe de ariete y análisis de transitorios **VII:** Diseño de tuberías y selección de materiales **VIII:** Bombas de velocidad variable y eficiencia energética **IX:** Modelación y optimización de redes **X:** Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar] **II:** Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar] **III:** Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar] **IV:** Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar] **V:** Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar] **VI:** Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar] **VII:** Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar] **VIII:** Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar] **IX:** Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar] **X:** Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]

Bibliografía: [White, 2016, Ávila, 2002]

5.2 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos **II:** Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos **III:** Flujo uniforme y ecuación de Manning **IV:** Flujo crítico y conceptos de energía específica **V:** Perfiles de flujo gradualmente variado **VI:** Salto hidráulico y flujo rápidamente variado **VII:** Diseño de cauces para conducción estable **VIII:** Transporte de sedimentos en canales abiertos **IX:** Morfología fluvial y estabilidad de cauces **X:** Análisis de socavación y medidas de protección

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar] **III:** Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar] **IV:** Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar] **V:** Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar] **VI:** Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar] **VII:** Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar] **VIII:** Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar] **IX:** Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse] **X:** Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]

Bibliografía: [Chow, 1959]

5.3 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [Novak et al., 2007]

6. Bibliografía

[Chow, 1959] Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

[Novak et al., 2007] Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., and Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. Taylor & Francis, 4th edition.

[White, 2016] White, F. M. (2016). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Ávila, 2002] Ávila, G. S. (2002). *Hidráulica General, Tomo I: Fundamentos*. Limusa, 2da edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ID203 Inglés V (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 6to Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - ID202 Inglés IV (5to Sem-Pág 409)

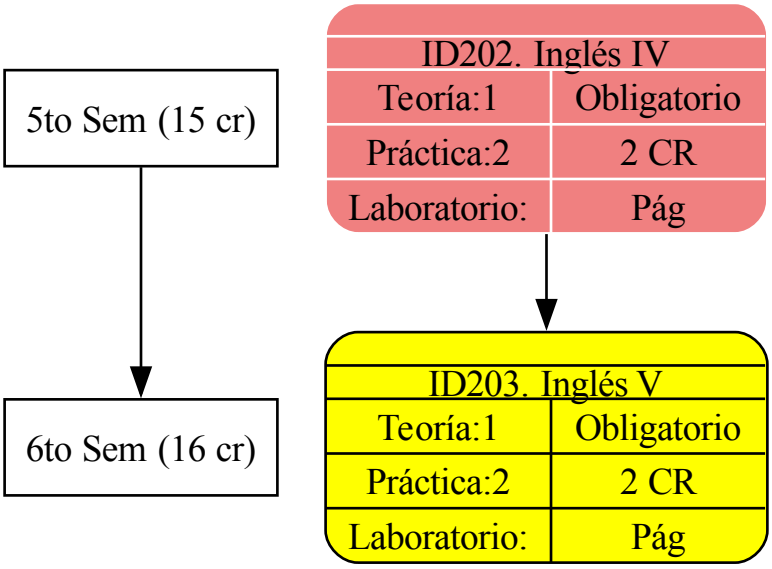


Figura 7.38: Mapa de Conexión. ID203 Inglés V

2. Fundamentación

Una parte fundamental de la formación integral de un profesional es la capacidad de comunicarse en un idioma extranjero además del propio idioma nativo. En la carrera de ingeniería y computación, el inglés técnico es la herramienta más crítica para acceder a la vanguardia del conocimiento y la investigación, redactar artículos científicos, participar en conferencias internacionales y colaborar en equipos globales. Este curso lleva al estudiante al nivel de comunicador técnico autónomo, capaz de producir y evaluar críticamente contenido académico y profesional.

3. Objetivos del curso.

- Incrementar la capacidad y fluidez para comunicar ideas técnicas complejas en inglés.
- Lograr que los estudiantes interactúen con énfasis en la argumentación científica y la redacción técnica avanzada.
- Dominar el vocabulario de ingeniería de software, ciencia de datos e investigación de sistemas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Familiarizarse)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Argumentación Científica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Repaso avanzado de verbos auxiliares y tiempos verbales en escritura académica. **II:** Preguntas negativas y respuestas enfáticas en el debate científico. **III:** Formación de palabras: Prefijos y sufijos comunes en computación y ciencias. **IV:** Corrección de afirmaciones erróneas: Refutación de argumentos en discusiones técnicas.

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar la unidad, el estudiante utiliza auxiliares y tiempos verbales con precisión para construir argumentos científicos, cuestionar afirmaciones técnicas erróneas y participar en debate académico estructurado.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.2 Metodología de Investigación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Presente Simple vs. Presente Continuo: Distinción entre hechos generales y experimentos en curso. **II:** Verbos de estado (State verbs) y verbos de acción en descripciones experimentales. **III:** Vocabulario: Diseño de investigación, variables experimentales, métodos de recolección de datos. **IV:** Redacción: Descripción de un método de investigación o procedimiento experimental.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante diferencia entre usos estáticos y progresivos para describir con precisión leyes científicas, experimentos en curso y metodologías de investigación en computación e ingeniería.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.3 Estudios de Caso, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: **I:** Tiempos narrativos: Pasado Simple, Pasado Continuo y Pasado Perfecto en análisis de casos. **II:** Estructura de Üsed to ̈z ”Would”para describir sistemas heredados y prácticas pasadas. **III:** Vocabulario: Casos históricos de computación, cambios de paradigma, lecciones aprendidas. **IV:** Redacción: Informe estructurado de estudio de caso sobre un incidente o innovación computacional.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante analiza y narra secuencias de eventos técnicos y casos históricos de computación con fluidez, aplicando correctamente los tiempos narrativos en informes profesionales de estudios de caso.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.4 Propuestas de Investigación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Predicciones y planes: Repaso del futuro para la redacción de propuestas académicas. **II:** Futuro Continuo y Futuro Perfecto en el alcance del proyecto y los resultados esperados. **III:** Vocabulario: Objetivos de investigación, contribuciones esperadas, alcance y limitaciones. **IV:** Redacción: Propuesta de investigación corta o abstract de proyecto técnico.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante proyecta metas de investigación y resultados anticipados, y realiza predicciones basadas en evidencia sobre la evolución de la tecnología utilizando formas de futuro apropiadas en escritura académica formal.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.5 Documentación Técnica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Patrones verbales (Verbos seguidos de -ing o infinitivo) en escritura instruccional. **II:** Expresiones con "Like"para analogías y comparaciones técnicas. **III:** Vocabulario: Documentación de APIs, manuales de usuario, especificaciones técnicas. **IV:** Debates: Estándares de documentación de código abierto y reproducibilidad.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante utiliza patrones verbales complejos para redactar documentación técnica clara y precisa, y emplea el razonamiento analógico para explicar conceptos técnicos a audiencias diversas.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.6 Proyectos a Largo Plazo, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Presente Perfecto Continuo vs. Presente Perfecto Simple en informes de avance de investigación. **II:** Verbos modales de deducción (Presente y Pasado) para interpretar resultados experimentales. **III:** Vocabulario: Sistemas de largo plazo, programas de investigación sostenidos, desarrollo de startups. **IV:** Presentaciones orales: Ïnforme de avance de un proyecto de investigación en computación".

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante discute actividades de investigación y desarrollo a largo plazo, realiza deducciones sobre resultados técnicos y presenta informes de avance de proyectos computacionales con el registro académico apropiado.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.7 Redacción Técnica Avanzada, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Oraciones de relativo (Defining vs Non-defining) en la redacción de artículos técnicos. **II:** Voz pasiva avanzada en prosa científica y de ingeniería formal. **III:** Vocabulario: Revisión de pares, factor de impacto, prácticas de citación, acceso abierto. **IV:** Redacción: Abstract e introducción de un artículo de investigación en computación.

Objetivos de Aprendizaje I: El estudiante redacta textos técnicos y científicos precisos y bien estructurados utilizando cláusulas de relativo y construcciones pasivas avanzadas para añadir profundidad y claridad a la escritura de investigación.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

5.8 Inglés para Ingeniería de Software, 12 hr(s)

Competencias: ABET-3,ABET-5

Tópicos: I: Metodologías Ágiles: Scrum, Kanban y XP — terminología en inglés. **II:** QA (Quality Assurance) y Testing: Planes de prueba, reportes de bugs, criterios de aceptación. **III:** Documentación de requerimientos de software: historias de usuario, casos de uso, especificaciones. **IV:** Simulación: Reunión técnica de equipo (Sprint planning y retrospectiva).

Objetivos de Aprendizaje I: Al finalizar el curso, el estudiante domina la terminología de ingeniería de software y gestión de proyectos, puede producir documentos técnicos profesionales y participar activamente en reuniones y revisiones técnicas internacionales en inglés.

Bibliografía: [Soars and John, 2002g, Soars and John, 2002i, Soars and John, 2002h, Cambridge, 2006, MacGrew, 1999]

6. Bibliografía

[Cambridge, 2006] Cambridge (2006). *Diccionario Inglés-Espanol Cambridge*. Editorial Oxford.

[MacGrew, 1999] MacGrew, J. (1999). *Focus on Grammar Basic*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002g] Soars, L. and John (2002g). *American Headway N 3 Student Book*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002h] Soars, L. and John (2002h). *American Headway N 3 Teachers Book*. Editorial Oxford.

[Soars and John, 2002i] Soars, L. and John (2002i). *American Headway N 3 Work Book*. Editorial Oxford.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 6to Sem. **Créditos**: 2
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

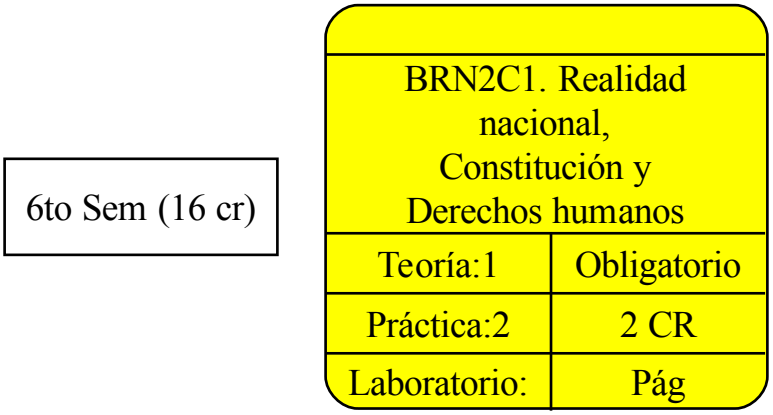


Figura 7.39: Mapa de Conexión. BRN2C1 Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos

2. Fundamentación

Realidad Nacional, Constitución y Derechos Humanos introduce la realidad histórica, social y económica del Perú contemporáneo; la relación entre derecho y sociedad; la naturaleza, historia y modelos comparados de las constituciones y los sistemas de gobierno; el orden constitucional del Perú bajo la Constitución de 1993 y las garantías constitucionales que protegen los derechos fundamentales; y los derechos humanos y el derecho internacional humanitario, como base para el ejercicio cívico y profesional informado y responsable del ingeniero.

3. Objetivos del curso.

- Describir la realidad histórica, social y económica del Perú contemporáneo.
- Explicar la relación entre derecho y sociedad, y la naturaleza, historia y modelos comparados de las constituciones y los sistemas de gobierno.
- Analizar el orden constitucional del Perú bajo la Constitución de 1993 y las garantías constitucionales que protegen los derechos fundamentales.
- Aplicar el marco de los derechos humanos y el derecho internacional humanitario al análisis de cuestiones cívicas y profesionales.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Usar)

5. Contenido

5.1 Sociedad Peruana en el Siglo XXI, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: I: Estructura social del Perú en el siglo XXI: demografía, urbanización, migración y movilidad social. **II:** Desafíos sociales contemporáneos: desigualdad, informalidad y disparidades regionales.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales características y desafíos sociales de la sociedad peruana contemporánea [Familiarizarse].

Bibliografía: [Contreras and Cueto, 2013]

5.2 Panorama Económico Peruano, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: I: Estructura de la economía peruana: sectores productivos, informalidad y disparidades regionales. **II:** Indicadores macroeconómicos del Perú y sus implicancias sociales.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir la estructura y los principales indicadores de la economía peruana [Familiarizarse].

Bibliografía: [de Estadística e Informática (INEI), 2024]

5.3 Democracia y Ciudadanía, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: I: Ciudadanía y participación cívica en el Perú: procesos electorales, sociedad civil y vigilancia ciudadana. **II:** Panorama político peruano contemporáneo y sus desafíos para la gobernabilidad democrática.

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los mecanismos de participación cívica disponibles para el ciudadano peruano y los desafíos que enfrenta la gobernabilidad democrática del Perú [Usar].

Bibliografía: [Soldevilla, 2018]

5.4 Derecho Natural, Positivismo y Realismo Jurídico, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: I: Derecho natural clásico y contemporáneo: Tomás de Aquino, Finnis y la relación entre derecho y obligación moral **II:** La teoría imperativista de Austin, el concepto de derecho de Hart (reglas primarias y secundarias, regla de reconocimiento) y la teoría pura del derecho de Kelsen **III:** El realismo jurídico norteamericano (Holmes, Frank, Llewellyn): el derecho como predicción, la psicología judicial y la tesis de la indeterminación **IV:** Estudios jurídicos críticos, jurisprudencia feminista y teoría crítica de la raza: el derecho como ideología e instrumento de poder

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las tesis centrales del iusnaturalismo, el positivismo jurídico y el realismo jurídico, e identificar los principales puntos de desacuerdo entre ellas [Familiarizarse] **II:** Analizar una controversia jurídica utilizando las herramientas conceptuales de al menos dos escuelas jurisprudenciales en conflicto [Usar] **III:** Evaluar el debate Hart-Fuller sobre el contenido mínimo del derecho natural y valorar sus implicaciones para los sistemas jurídicos injustos [Evaluar]

Bibliografía: [Correa, 2009]

5.5 Naturaleza e Historia de las Constituciones, 12 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** La constitución como norma suprema: supremacía constitucional, jerarquía de normas, y la constitución como documento a la vez jurídico y político **II:** Desarrollo histórico del constitucionalismo: primeras cartas (Carta Magna), las revoluciones americana y francesa, y la expansión de las constituciones escritas **III:** Constituciones rígidas frente a flexibles: criterios de clasificación y sus implicancias para la estabilidad y adaptabilidad constitucional **IV:** Procedimientos de reforma constitucional; cláusulas pétreas y la doctrina de la reforma constitucional inconstitucional

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el concepto de supremacía constitucional y los orígenes históricos del constitucionalismo moderno [Familiarizarse] **II:** Comparar los procedimientos de reforma de las constituciones rígidas y flexibles, y su efecto en la estabilidad constitucional [Usar] **III:** Evaluar una propuesta de reforma constitucional a la luz de la doctrina de la reforma constitucional inconstitucional [Evaluar]

Bibliografía: [Loewenstein, 1970, Correa, 1999]

5.6 Modelos Constitucionales Comparados y Sistemas de Gobierno, 18 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Modelos constitucionales comparados: constitucionalismo de tradición civil frente al de common law, y modelos concentrado y difuso (descentralizado) de control de constitucionalidad **II:** Sistemas de gobierno: presidencial, parlamentario y semipresidencial (mixto); su diseño institucional y sus puntos típicos de crisis **III:** Teoría democrática: democracia representativa frente a participativa y deliberativa; mecanismos de participación ciudadana (referéndum, revocatoria, iniciativa popular) **IV:** Separación de poderes y balance de contrapesos: los poderes ejecutivo, legislativo y judicial, y los mecanismos de control interórganos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar los sistemas de gobierno presidencial, parlamentario y semipresidencial [Familiarizarse] **II:** Analizar el diseño constitucional de un país en términos de su modelo de control de constitucionalidad y separación de poderes [Usar] **III:** Evaluar la adecuación de los mecanismos de participación ciudadana de un país frente a los estándares normativos de la teoría democrática [Evaluar]

Bibliografía: [Ginsburg and Dixon, 2011, Loewenstein, 1970]

5.7 La Constitución Peruana de 1993, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Contexto histórico de la Constitución de 1993: el autogolpe de 1992, el Congreso Constituyente Democrático, y su reemplazo de la Constitución de 1979 **II:** Estructura y principios rectores de la Constitución de 1993: su organización en títulos, y los principios del Estado social y democrático de derecho **III:** La constitución económica del Perú: la economía social de mercado, la libre iniciativa privada, y el rol subsidiario del Estado en la actividad económica **IV:** El catálogo de derechos fundamentales del art. 2 y disposiciones conexas: igualdad, debido proceso, y otros derechos constitucionalmente consagrados propios del ordenamiento peruano

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el contexto histórico en el que se adoptó la Constitución de 1993 y su organización estructural [Familiarizarse] **II:** Explicar los principios de la constitución económica del Perú y su aplicación a una cuestión de política económica específica [Usar] **III:** Analizar un caso real o hipotético relativo a un derecho del catálogo del art. 2 bajo el marco constitucional peruano [Evaluar]

Bibliografía: [Correa, 1999]

5.8 Derechos Civiles, Políticos, Económicos, Sociales y Culturales, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Derecho a la vida (prohibición absoluta de privación arbitraria), libertad y seguridad personales, garantías del juicio justo, intimidad, libertad de expresión **II:** Derecho al trabajo, a condiciones laborales justas, a la educación, a la salud, a la vivienda, a la seguridad social y a participar en la vida cultural **III:** Indivisibilidad de los derechos: interdependencia entre los derechos civiles/políticos y los económicos/sociales **IV:** Protecciones especiales en el derecho internacional para las mujeres, la infancia, las personas con discapacidad, los pueblos indígenas, los migrantes y las personas LGBTQ+

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los derechos civiles, políticos, económicos, sociales y culturales protegidos por los instrumentos internacionales fundamentales de derechos humanos [Familiarizarse] **II:** Analizar si una medida estatal viola estándares específicos de derechos humanos, aplicando los tests de legalidad, fin legítimo y proporcionalidad [Usar] **III:** Valorar la justiciabilidad de un derecho económico, social o cultural en un ordenamiento jurídico interno y evaluar los remedios disponibles [Evaluar]

Bibliografía: [Smith, 2020]

5.9 Solución Pacífica de Controversias y Uso de la Fuerza, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Prohibición del art. 2.4 de la Carta de la ONU; definición de la agresión (Res. 3314 AGNU); intervención humanitaria y la Responsabilidad de Proteger (R2P) **II:** Legítima defensa del art. 51: necesidad, proporcionalidad, umbral del ataque armado, legítima defensa anticipatoria y preventiva; medidas de seguridad colectiva del Capítulo VII **III:** Competencia de la CIJ (contenciosa y consultiva), arbitraje (CPA, CIADI), el Órgano de Solución de Diferencias de la OMC **IV:** Aplicabilidad del jus ad bellum a las operaciones cibernéticas; desafíos de atribución; guerra híbrida y el marco del Manual de Tallin **V:** Derecho internacional humanitario (jus in bello): los cuatro Convenios de Ginebra y sus Protocolos Adicionales, distinción entre combatientes y civiles, proporcionalidad y precaución en el ataque, y la relación entre el DIH y el derecho internacional de los derechos humanos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el marco de la Carta de la ONU para la prohibición del uso de la fuerza y las excepciones permitidas [Familiarizarse] **II:** Aplicar los criterios de la legítima defensa conforme al art. 51 para evaluar la legalidad del uso de la fuerza por un Estado [Usar] **III:** Evaluar la eficacia del sistema de seguridad colectiva de la ONU y el papel de la CIJ en el mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales [Evaluar]

Bibliografía: [Dinstein, 2016]

5.10 Garantías Constitucionales (Procesos Constitucionales), 8 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Hábeas corpus: protección de la libertad personal y derechos conexos frente a la detención o restricción arbitraria **II:** Amparo: protección de los derechos constitucionales distintos a la libertad personal y a los datos, frente a actos u omisiones de cualquier autoridad, funcionario o persona **III:** Hábeas data: protección de los derechos de acceso a la información pública y de autodeterminación informativa **IV:** Acción de inconstitucionalidad: control abstracto de constitucionalidad de las normas con rango de ley, ante el Tribunal Constitucional

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir el ámbito de protección del hábeas corpus, el amparo y el hábeas data [Familiarizarse] **II:** Seleccionar la garantía constitucional apropiada para un escenario dado de vulneración de derechos, justificando la elección [Usar] **III:** Evaluar la eficacia de las garantías constitucionales del Perú como sistema de protección de los derechos fundamentales y la supremacía constitucional [Evaluar]

Bibliografía: [Arroyo, 2018]

6. Bibliografía

[Arroyo, 2018] Arroyo, C. L. (2018). *Derecho Procesal Constitucional*. Palestra Editores.

[Contreras and Cueto, 2013] Contreras, C. and Cueto, M. (2013). *Historia del Perú Contemporáneo*. Instituto de Estudios Peruanos, 5th edition.

[Correa, 1999] Correa, M. R. (1999). *Estudio de la Constitución Política de 1993*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

[Correa, 2009] Correa, M. R. (2009). *El Sistema Jurídico: Introducción al Derecho*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 10th edition.

[de Estadística e Informática (INEI), 2024] de Estadística e Informática (INEI), I. N. (2024). Compendio estadístico del perú. Technical report, INEI.

[Dinstein, 2016] Dinstein, Y. (2016). *The Conduct of Hostilities under the Law of International Armed Conflict*. Cambridge University Press, 3rd edition.

[Ginsburg and Dixon, 2011] Ginsburg, T. and Dixon, R., editors (2011). *Comparative Constitutional Law*. Edward Elgar Publishing.

[Loewenstein, 1970] Loewenstein, K. (1970). *Teoría de la Constitución*. Ariel, 2nd edition.

[Smith, 2020] Smith, R. K. M. (2020). *International Human Rights Law*. Oxford University Press, 9th edition.

[Soldevilla, 2018] Soldevilla, F. T. (2018). *Perú Político en Cifras: Élite Política y Elecciones*. Friedrich Ebert Stiftung, 3rd edition.

Séptimo Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C6 Acondicionamiento Territorial (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE1G1 Geología General (2do Sem-Pág 305)

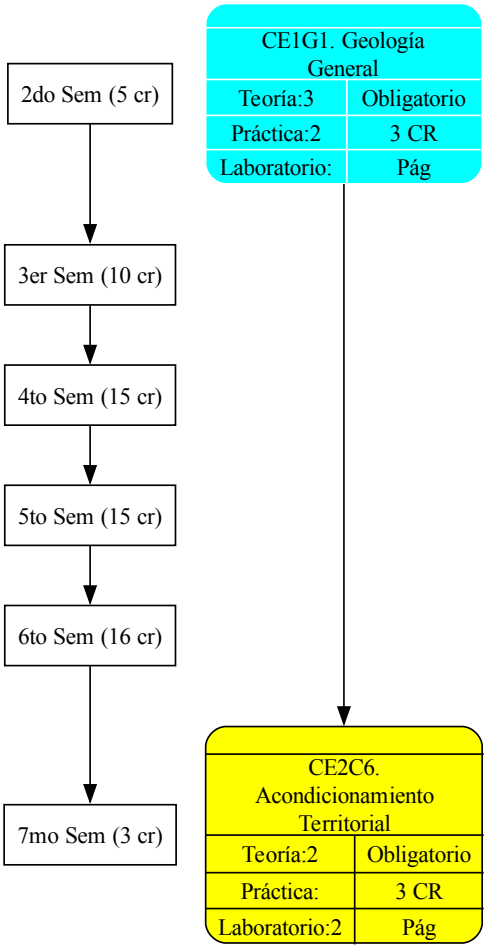


Figura 7.40: Mapa de Conexión. CE2C6 Acondicionamiento Territorial

2. Fundamentación

Acondicionamiento Territorial I introduce el proceso histórico del establecimiento humano y la planificación territorial, las teorías y metodologías de planeamiento, y los distintos tipos y modalidades de planeamiento urbano y territorial a través de casos de estudio.

3. Objetivos del curso.

- Describir el proceso histórico del establecimiento humano y su relación con la planificación territorial.
- Aplicar teorías y metodologías de planeamiento al análisis de un territorio.
- Distinguir los tipos y modalidades de planeamiento urbano y territorial a partir de casos de estudio.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Teorías Históricas de Planificación Urbana, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Teorías urbanas clásicas: Ciudad Jardín de Howard, Ciudad Radiante de Le Corbusier (Torres en el Parque), Broadacre City de Wright y su influencia en la planificación **II:** Planificación de posguerra: el auge del plan maestro, la crítica del Team 10 al CIAM, la defensa por parte de Jane Jacobs del uso mixto y las manzanas cortas,

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales teorías históricas de la planificación urbana y su influencia en la forma de la ciudad del siglo XX, [Familiarizarse]

Bibliografía: [Hall and Tewdwr-Jones, 2014]

5.2 Métodos y Teoría Contemporánea de Planificación, 29 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Métodos de planificación: zonificación (euclidiana, basada en la forma, basada en el rendimiento), planificación maestra vs. **II:** Crecimiento inteligente y nuevo urbanismo: principios (desarrollo orientado al tránsito, caminabilidad, vivienda de ingresos mixtos, límites de crecimiento urbano) **III:** Teoría urbana contemporánea: la producción del espacio de Lefebvre, el derecho a la ciudad de Harvey, la ciudad abierta de Sennett **IV:** Integración de las restricciones técnicas de la ingeniería civil (estructurales, geotécnicas, de infraestructura de servicios y de transporte) en los marcos de planificación urbana y arquitectónica; el papel colaborativo de los ingenieros civiles en equipos multidisciplinarios de proyectos de edificación y urbanos

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar un método de planificación - como la codificación basada en la forma o la planificación de escenarios - a un sitio urbano específico [Usar] **II:** Evaluar un plan urbano actual o un código de zonificación según los principios de planificación contemporáneos (caminabilidad, uso mixto, orientación al tránsito, equidad social) [Evaluar]

Bibliografía: [Hall and Tewdwr-Jones, 2014]

5.3 Diseño Urbano a Múltiples Escalas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Escala regional y de ciudad: corredores de tránsito, cinturones verdes, límites de crecimiento, ciudades satélite y la relación entre la densidad **II:** Escala de barrio: caminabilidad (radio de caminata de 5-10 minutos), zonificación de uso mixto, infraestructura social (escuelas,

clínicas, centros comunitarios) **III:** Escala de manzana y calle: longitud de la manzana para la permeabilidad peatonal (máx. 80-120 m), diseño de la sección de la calle (anchos de carril, aceras, carriles bici **IV:** Diseño del espacio público: plazas, parques, parques de bolsillo y calles como espacio público; los elementos de William Whyte para el espacio público exitoso (espacio para **V:** Pautas de diseño urbano: retranqueos de los edificios, límites de altura, carácter arquitectónico, articulación de la fachada, señalización, iluminación

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales consideraciones de diseño en cada escala urbana - regional, barrial, de manzana, calle y espacio público - [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un conjunto de pautas de diseño urbano para un barrio o tipología de calle específica, integrando la densidad, la altura de los edificios, la longitud de la manzana [Usar] **III:** Evaluar un proyecto de diseño urbano por su coherencia multiescala, evaluando qué tan bien integra el tránsito regional, la caminabilidad del barrio [Evaluar]

Bibliografía: [Hall and Tewdwr-Jones, 2014]

6. Bibliografía

[Hall and Tewdwr-Jones, 2014] Hall, P. and Tewdwr-Jones, M. (2014). *Urban and Regional Planning*. Routledge, 6th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2S1 Análisis Estructural I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)

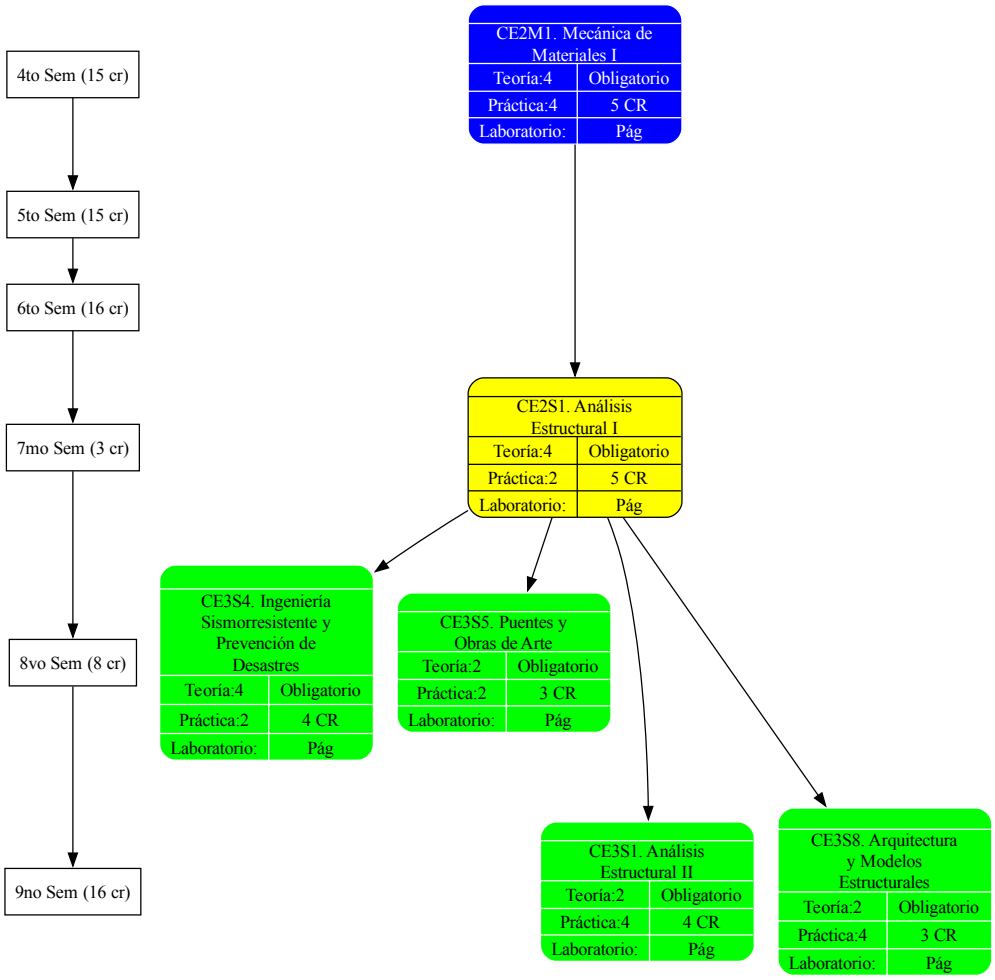


Figura 7.41: Mapa de Conexión. CE2S1 Análisis Estructural I

2. Fundamentación

El Análisis Estructural I aborda el comportamiento de los sistemas estructurales estáticamente indeterminados, partiendo de la base de la mecánica de materiales del análisis isostático. Los estudiantes aprenden los principios energéticos clásicos (trabajo virtual, teoremas de Castigliano y teoremas de reciprocidad de Betti-Maxwell) que fundamentan el método de las fuerzas, aplican el método de las fuerzas a vigas, pórticos y arcos, y se introducen a las formulaciones matriciales basadas en desplazamientos (pendiente-deflexión, distribución de momentos y el método de rigidez directa) que hacen

posible el análisis estructural computacional. Este curso proporciona la base analítica requerida para el posterior diseño de elementos estructurales de concreto armado, acero y mampostería.

3. Objetivos del curso.

- Identificar el grado de indeterminación estática de sistemas estructurales y formular sus condiciones de compatibilidad.
- Aplicar métodos energéticos (trabajo virtual, primer teorema de Castigliano y teoremas de reciprocidad de Betti-Maxwell) para calcular desplazamientos en estructuras.
- Aplicar el método de las fuerzas y el principio del trabajo mínimo para analizar vigas, pórticos y arcos estáticamente indeterminados.
- Formular el análisis de estructuras indeterminadas mediante métodos matriciales basados en desplazamientos, incluyendo el método de rigidez directa.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Métodos de Energía para el Análisis Estructural, 36 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Conceptos de indeterminación y grado de libertad **II:** Trabajo interno de deformación y principio del trabajo virtual **III:** Primer teorema de Castigliano para el cálculo de desplazamientos **IV:** Teoremas de reciprocidad de Betti y de Maxwell

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar el grado de indeterminación de sistemas estructurales [Evaluar] **II:** Aplicar el principio del trabajo virtual para calcular la energía interna de deformación en sistemas estructurales [Usar] **III:** Aplicar el primer teorema de Castigliano para determinar desplazamientos en estructuras indeterminadas [Usar] **IV:** Verificar la reciprocidad de desplazamientos y fuerzas mediante los teoremas de Betti y Maxwell [Evaluar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2018, Kassimali, 2020, McCormac and Nelson, 2013]

5.2 Método de las Fuerzas para Estructuras Indeterminadas, 36 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Método de las fuerzas y enfoque de flexibilidad para estructuras indeterminadas **II:** Principio del trabajo mínimo (segundo teorema de Castigliano) para el cálculo de redundantes **III:** Análisis de arcos estáticamente indeterminados **IV:** Líneas de influencia para estructuras indeterminadas usando el principio de Müller-Breslau

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar el método de las fuerzas para analizar vigas y pórticos indeterminados [Usar] **II:** Aplicar el principio del trabajo mínimo para calcular las fuerzas redundantes en el método de las fuerzas [Usar] **III:** Analizar arcos estáticamente indeterminados sometidos a cargas combinadas [Evaluar] **IV:** Construir líneas de influencia para estructuras indeterminadas de forma cualitativa [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2018, Kassimali, 2020, McCormac and Nelson, 2013]

5.3 Método de las Pendientes y Deflexiones, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Método de las pendientes-deflexiones para vigas continuas y pórticos

Objetivos de Aprendizaje I: Usar ecuaciones de pendientes-deflexiones para resolver problemas de vigas continuas y pórticos [Evaluar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2018, Kassimali, 2020, McCormac and Nelson, 2013]

5.4 Método de Distribución de Momentos (Cross), 4 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Método de la distribución de momentos

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar análisis por distribución de momentos para estructuras indeterminadas [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2018, Kassimali, 2020, McCormac and Nelson, 2013]

6. Bibliografía

[Hibbeler, 2018] Hibbeler, R. C. (2018). *Structural Analysis*. Pearson, 10th edition.

[Kassimali, 2020] Kassimali, A. (2020). *Structural Analysis*. Cengage Learning, 6th edition.

[McCormac and Nelson, 2013] McCormac, J. C. and Nelson, J. K. (2013). *Structural Analysis: Using Classical and Matrix Methods*. Wiley, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2S2 Concreto Armado I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)

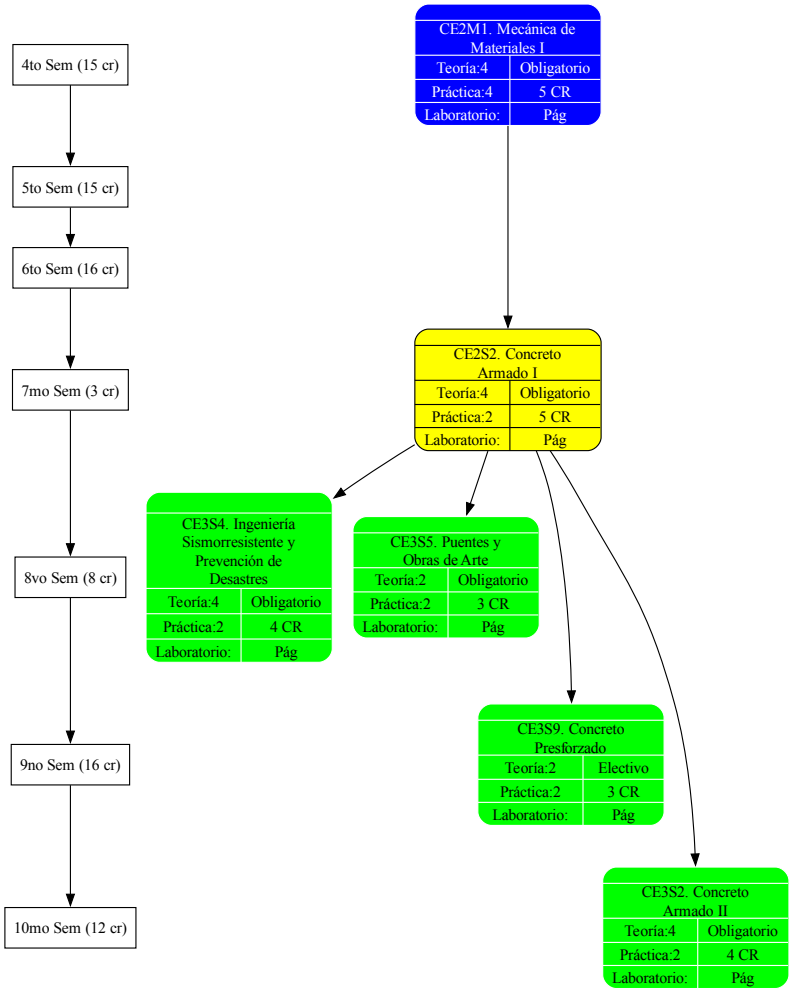


Figura 7.42: Mapa de Conexión. CE2S2 Concreto Armado I

2. Fundamentación

El Diseño de Concreto Armado I introduce los principios y la metodología para el diseño de elementos de concreto armado siguiendo la filosofía de diseño por estados límite y el código de construcción ACI 318. Partiendo de la mecánica de materiales, los estudiantes aprenden a diseñar vigas para flexión y cortante, columnas para carga axial y flexión biaxial, losas unidireccionales, y a verificar los requisitos de deflexión y serviciabilidad. El curso también cubre el diseño de escaleras de concreto apoyadas y en voladizo, y una introducción al diseño de cimentaciones superficiales, proporcionando

la base de diseño estructural requerida para los cursos posteriores de diseño de concreto armado y diseño sismorresistente.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de factores de carga al diseño de concreto armado.
- Diseñar vigas de concreto armado para flexión y cortante.
- Diseñar columnas de concreto armado para carga axial y flexión biaxial.
- Diseñar losas unidireccionales de concreto armado y verificar los requisitos de deflexión y serviciabilidad.
- Diseñar escaleras de concreto apoyadas y en voladizo.
- Diseñar zapatas aisladas para cimentaciones superficiales.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Concreto Armado, 68 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Filosofía de diseño y metodología de estados límite para estructuras de concreto **II:** Diseño a flexión de vigas rectangulares y en T **III:** Diseño a cortante y torsión de elementos de concreto **IV:** Elementos a compresión y diseño de columnas **V:** Diseño de losas, incluyendo sistemas unidireccionales y bidireccionales **VI:** Longitud de anclaje y empalmes del refuerzo **VII:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad para vigas y losas de concreto

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de cargas mayoradas [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas de concreto armado para flexión y verificar serviciabilidad [Evaluar] **III:** Calcular los requisitos de refuerzo por cortante y torsión [Usar] **IV:** Dimensionar columnas para carga axial y flexión biaxial [Evaluar] **V:** Diseñar sistemas de losas unidireccionales y bidireccionales con el refuerzo apropiado [Usar] **VI:** Determinar longitudes de desarrollo y diseñar empalmes por traslapo de barras de refuerzo [Evaluar] **VII:** Controlar deflexiones y verificar requisitos de serviciabilidad mediante un dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, McCormac and Brown, 2021]

5.2 Diseño de Escaleras de Concreto Armado, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Geometría de tramos de escalera, descansos y losas inclinadas (waist slab) **II:** Distribución de cargas y luz efectiva para escaleras simplemente apoyadas **III:** Distribución de cargas y luz efectiva para escaleras en voladizo **IV:** Detallado del refuerzo en tramos, descansos y apoyos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar una escalera de concreto armado apoyada para cargas de gravedad [Evaluar] **II:** Diseñar una escalera de concreto armado en voladizo para cargas de gravedad [Evaluar] **III:** Detallar el refuerzo en tramos, descansos y apoyos de escaleras [Usar]

Bibliografía: [McCormac and Brown, 2021]

5.3 Capacidad Portante y Diseño, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001]

6. Bibliografía

[ACI Committee 318, 2019] ACI Committee 318 (2019). Building code requirements for structural concrete (aci 318-19) and commentary. Technical report, American Concrete Institute.

[Coduto, 2001] Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices*. Prentice Hall, 2nd edition.

[McCormac and Brown, 2021] McCormac, J. C. and Brown, R. H. (2021). *Design of Reinforced Concrete*. Wiley, 10th edition.

[Wight and MacGregor, 2016] Wight, J. K. and MacGregor, J. G. (2016). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. Pearson, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2S3 Diseño en Acero (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 5
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2M1 Mecánica de Materiales I (4to Sem-Pág 377)

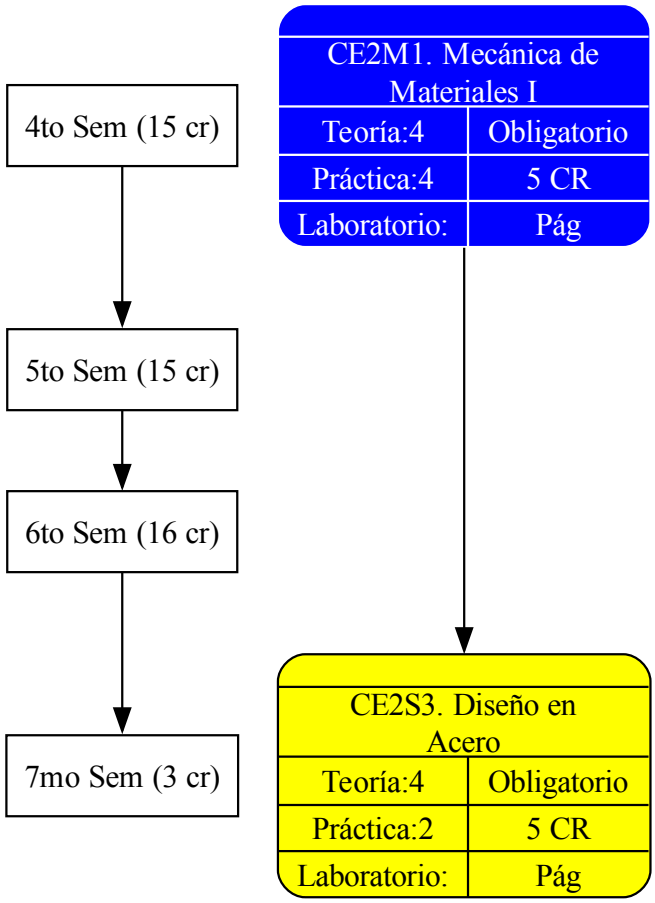


Figura 7.43: Mapa de Conexión. CE2S3 Diseño en Acero

2. Fundamentación

El Diseño en Acero cubre los fundamentos y la aplicación del método de diseño por estados límite (LRFD/ASD) a miembros estructurales de acero y sus conexiones. El curso aborda los grados de acero estructural, los criterios de diseño y combinaciones de cargas, el diseño de miembros en tracción y compresión, vigas compactas y no compactas y vigas de alma delgada, vigas-columna bajo flexo-compresión/tracción combinadas, conexiones atornilladas y soldadas, y miembros compuestos en compresión y en flexión. Proporciona las competencias de diseño requeridas para edificios con estructura de acero y estructuras industriales.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar los criterios de diseño LRFD/ASD y las combinaciones de cargas a miembros estructurales de acero.
- Diseñar miembros en tracción, miembros en compresión, vigas y vigas de alma delgada utilizando el método de estados límite.
- Diseñar vigas-columna bajo fuerza axial combinada y flexión, y sus conexiones atornilladas y soldadas.
- Diseñar miembros compuestos en compresión (columnas embebidas y rellenas de concreto) y en flexión (vigas compuestas).

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Elementos de Acero en Tracción y Compresión, 19 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Diseño de elementos a tensión y consideraciones de área neta **II:** Diseño de elementos a compresión y pandeo de columnas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar elementos a tensión considerando área neta y cortante por bloque [Evaluar] **II:** Seleccionar secciones de columnas apropiadas y verificar la capacidad de pandeo [Usar]

Bibliografía: [McCormac and Csernak, 2019, of Steel Construction, 2017]

5.2 Diseño de Elementos de Acero a Flexión, 29 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Diseño a flexión de vigas y pandeo lateral-torsional **II:** Interacción de fuerza axial y momento flector combinados **III:** Vigas de alma llena y diseño del alma

Objetivos de Aprendizaje **I:** Dimensionar vigas de acero considerando pandeo local y pandeo lateral-torsional [Evaluar] **II:** Evaluar columnas sometidas a flexo-compresión usando ecuaciones de interacción [Usar] **III:** Diseñar vigas de alma llena considerando el pandeo del alma y rigidizadores [Evaluar]

Bibliografía: [McCormac and Csernak, 2019, of Steel Construction, 2017]

5.3 Conexiones de Acero y Sistemas Mixtos, 36 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Diseño de conexiones atornilladas y modos de falla **II:** Conexiones soldadas y consideraciones de diseño **III:** Vigas mixtas y conectores de cortante **IV:** Pórticos resistentes a momento y disposiciones sísmicas para estructuras de acero **V:** Pórticos arriostrados y diseño de pórticos arriostrados concéntricamente **VI:** Diseño de conexiones para pórticos especiales resistentes a momento y conexiones precalificadas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar conexiones atornilladas para cortante, tensión y carga combinada [Evaluar] **II:** Especificar conexiones soldadas y determinar tamaños de soldadura [Usar] **III:** Analizar vigas mixtas y diseñar conectores de cortante tipo perno [Usar] **IV:** Diseñar pórticos resistentes a momento para cargas sísmicas y de viento [Evaluar] **V:** Dimensionar miembros de arriostre y conexiones en sistemas de pórticos arriostrados [Usar] **VI:** Detallar conexiones precalificadas resistentes a momento de acuerdo con disposiciones sísmicas [Evaluar]

Bibliografía: [Segui, 2018, of Steel Construction, 2017]

6. Bibliografía

[McCormac and Csernak, 2019] McCormac, J. C. and Csernak, S. F. (2019). *Structural Steel Design*. Pearson, 6th edition.

[of Steel Construction, 2017] of Steel Construction, A. I. (2017). Steel construction manual. Technical report, American Institute of Steel Construction.

[Segui, 2018] Segui, W. T. (2018). *Steel Design*. Cengage Learning, 6th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2T2 Geomática Aplicada (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)

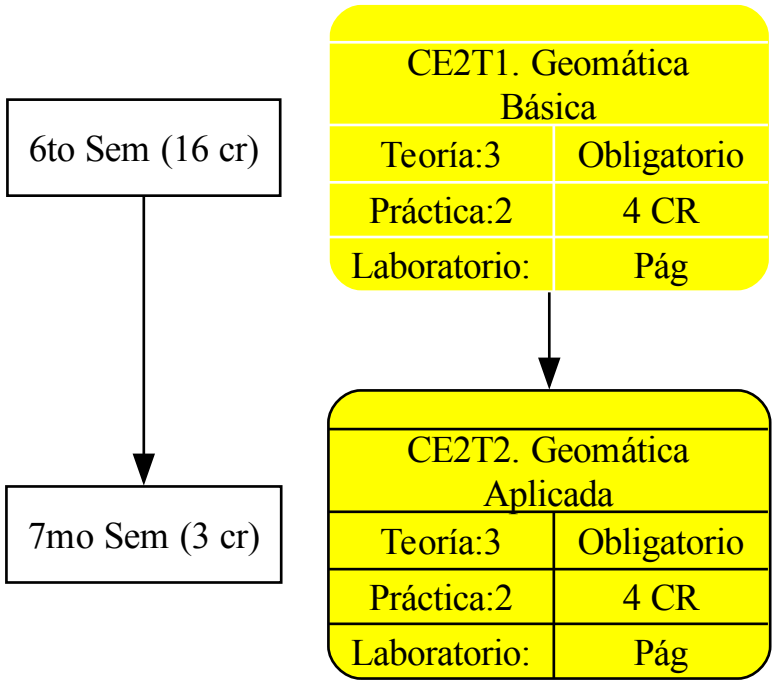


Figura 7.44: Mapa de Conexión. CE2T2 Geomática Aplicada

2. Fundamentación

Geomática Aplicada extiende los fundamentos de topografía de campo establecidos en Geomática Básica (Topografía I) – teoría de la medición, planimetría, nivelación y operación de estación total – hacia las aplicaciones de campo avanzadas que un ingeniero civil utiliza a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. El curso inicia con las consideraciones generales y la información superficial de factibilidad que requiere un proyecto de obras civiles, y luego desarrolla cómo las técnicas de mapeo topográfico (análisis de línea de gradiente mediante curvas de nivel, alineamiento y evaluación preliminar de rutas) sustentan las decisiones de planeamiento y alimentan los modelos digitales de terreno usados en flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling). A continuación retoma las técnicas de redes de apoyo que dan consistencia y confiabilidad a todo levantamiento posterior: nivelación trigonométrica, ajuste de redes por mínimos cuadrados, triangulación/trilateración clásica, y posicionamiento GNSS moderno, tanto estático como RTK (Real-Time Kinematic). El curso cubre luego la aplicación, en etapa de construcción, del levantamiento con estación total para el replanteo de alineamientos horizontales,

puntos de inflección, curvas y rasantes, junto con el planeamiento y presupuesto de una campaña de levantamiento topográfico. Cierra con aplicaciones especializadas de levantamiento para puentes, túneles y obras hidráulicas – batimetría y cómputo de volúmenes de represamiento – apoyándose en los métodos de cómputo de volúmenes de movimiento de tierras vistos anteriormente. Dado que la fotogrametría, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la información geoespacial satelital son, cada una, objeto de un curso propio más adelante en el currículo (Geodesia en CE2T3, Fotogrametría en CE3T1, SIG en CE3T3), este curso las introduce solo brevemente, como anticipo del conjunto más amplio de herramientas de información geoespacial que usará el ingeniero civil.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la teoría de errores y el ajuste por mínimos cuadrados para establecer redes de apoyo horizontal y vertical confiables, combinando métodos clásicos (triangulación/trilateración, nivelación trigonométrica) con el posicionamiento GNSS moderno.
- Producir el mapeo topográfico y los modelos digitales de terreno que requiere un proyecto de obras civiles en sus etapas de factibilidad y planeamiento, incluyendo el análisis de línea de gradiente y la evaluación de rutas, e integrarlos en flujos de trabajo BIM.
- Recolectar datos de campo mediante GNSS estático/RTK y estación total, según el requerimiento de precisión de un proyecto dado.
- Replantear alineamientos horizontales, puntos de inflección, curvas y rasantes mediante métodos de estación total, y verificar la geometría construida contra el diseño.
- Planificar y presupuestar una campaña de levantamiento topográfico para un proyecto de obras civiles.
- Calcular volúmenes de movimiento de tierras y de represamiento a partir de levantamientos especializados (puentes, túneles, batimetría), y reconocer cómo la fotogrametría, los SIG y la información geoespacial satelital extienden estas técnicas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Representación mediante curvas de nivel e interpretación del relieve del terreno **II:** Generación de Modelos Digitales de Terreno (DTM) a partir de datos de campo o GNSS **III:** Elaboración de planos topográficos y convenciones cartográficas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Generar un plano de curvas de nivel a partir de datos de levantamiento de campo [Usar] **II:** Elaborar un modelo digital de terreno (DTM) a partir de un levantamiento topográfico de puntos [Evaluar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015, Schofield and Breach, 2007]

5.2 Topografía GNSS, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Principios de posicionamiento GNSS: constelaciones satelitales, señales y fuentes de error **II:** Métodos de topografía GNSS estático y cinemático en tiempo real (RTK) **III:** Sistemas de referencia de coordenadas y transformaciones de datum para datos GNSS

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar los métodos de topografía GNSS estático y RTK, e identificar cuál se ajusta a un requisito de precisión dado [Familiarizarse] **II:** Transformar coordenadas derivadas de GNSS entre datums de referencia para su uso en un proyecto local [Usar]

Bibliografía: [Leick et al., 2015, Ghilani and Wolf, 2015]

5.3 Replanteo de Obra, 15 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de replanteo para la alineación horizontal y vertical de obras civiles **II:** Verificación topográfica as-built contra la geometría de diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Replantear una alineación horizontal (p. ej. el eje de una vía o la esquina de una edificación) a partir de coordenadas de diseño [Usar] **II:** Verificar la geometría as-built de una construcción contra las especificaciones de diseño usando datos topográficos [Evaluar]

Bibliografía: [Schofield and Breach, 2007, Kavanagh, 2014]

5.4 Cómputo de Volúmenes de Movimiento de Tierras, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de cómputo de volúmenes de corte y relleno: área media y prismoidal **II:** Diagramas de masas para la planificación del balance de tierras y las distancias de acarreo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular los volúmenes de corte y relleno de un proyecto lineal de movimiento de tierras a partir de datos de secciones transversales [Usar] **II:** Construir un diagrama de masas para planificar el balance de tierras y las distancias de acarreo [Usar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015, Uren and Price, 2010]

6. Bibliografía

[Ghilani and Wolf, 2015] Ghilani, C. D. and Wolf, P. R. (2015). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson, 14th edition.

[Kavanagh, 2014] Kavanagh, B. F. (2014). *Surveying: Principles and Applications*. Pearson, 9th edition.

[Leick et al., 2015] Leick, A., Rapoport, L., and Tatarnikov, D. (2015). *GPS Satellite Surveying*. Wiley, 4th edition.

[Schofield and Breach, 2007] Schofield, W. and Breach, M. (2007). *Engineering Surveying*. Butterworth-Heinemann, 6th edition.

[Uren and Price, 2010] Uren, J. and Price, W. F. (2010). *Surveying for Engineers*. Palgrave Macmillan, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
CE2T3 Geodesia (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)

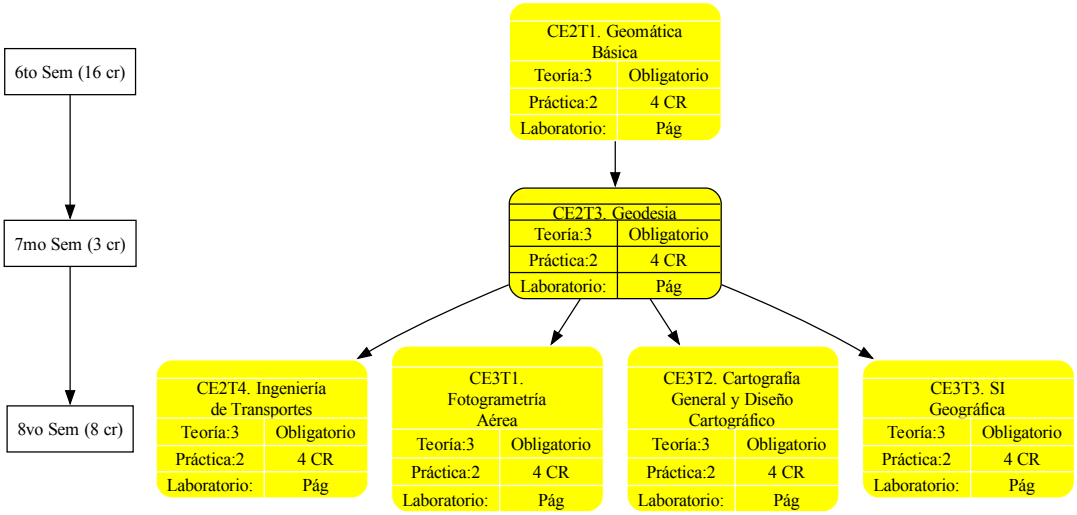


Figura 7.45: Mapa de Conexión. CE2T3 Geodesia

2. Fundamentación

Geodesia extiende los fundamentos de topografía de campo establecidos en Geomática Básica (Topografía I) hacia la ciencia de determinar el tamaño, la forma, la orientación y el campo gravitacional exactos de la Tierra, y de establecer los sistemas de referencia precisos de los que depende, en última instancia, todo levantamiento, mapa y posicionamiento GNSS posterior. El curso inicia con la geodesia clásica – el elipsoide de referencia y el geoide, los datums geodésicos horizontales y verticales, los marcos de referencia globales (ITRF, WGS84), y la relación entre las coordenadas geodésicas/geocéntricas y las coordenadas proyectadas (UTM) usadas en el trabajo topográfico ordinario. A continuación desarrolla el diseño, el ajuste por mínimos cuadrados y la clasificación de precisión de las redes geodésicas de control, incluyendo la red geodésica nacional del Perú mantenida por el IGN y su densificación para levantamientos a nivel de proyecto. El curso pasa luego a la geodesia satelital: fundamentos de órbitas satelitales, procesamiento estático de líneas base GNSS y Posicionamiento Puntual Preciso (PPP), y la planificación y ejecución de una campaña de observación GNSS de grado geodésico. Cierra con la geodesia física y aplicada – el campo gravitacional de la Tierra, los levantamientos gravimétricos, los modelos de geoide, y la conversión entre los sistemas de altura ortométrica y elipsoidal que un ingeniero civil necesita para aplicar correctamente los resultados geodésicos en la práctica. Esta base sustenta todo curso geoespacial y de replanteo posterior de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte que dependa de una referencia geodésica consistente y precisa.

3. Objetivos del curso.

- Distinguir los modelos de la forma de la Tierra (el elipsoide de referencia y el geoide) y seleccionar datums geodésicos horizontales y verticales y marcos de referencia globales, convirtiendo coordenadas entre sistemas geodésicos, geocéntricos y proyectados (UTM).

- Diseñar una red geodésica de control y ajustarla por mínimos cuadrados, y clasificar sus puntos de control según los estándares de precisión geodésica nacionales (IGN).
- Planificar y procesar una campaña de observación GNSS de grado geodésico mediante procesamiento estático de líneas base y Posicionamiento Puntual Preciso (PPP), y mitigar sus fuentes de error.
- Aplicar modelos del campo gravitacional y del geoide para convertir entre alturas ortométricas y elipsoidales, y realizar un levantamiento gravimétrico.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos Geodésicos y Sistemas de Referencia, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Modelos de la forma de la Tierra: el elipsoide de referencia y el geoide **II:** Datums geodésicos horizontales y su materialización **III:** Datums geodésicos verticales y superficies de referencia de altura **IV:** Marcos de referencia globales (ITRF, WGS84) y su materialización y mantenimiento **V:** Sistemas de coordenadas geodésicos, geocéntricos y proyectados, y conversiones entre ellos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir el elipsoide de referencia del geoide y explicar sus respectivos roles [Familiarizarse] **II:** Seleccionar un datum horizontal y vertical apropiado para un proyecto dado [Usar] **III:** Transformar coordenadas entre marcos de referencia globales (p. ej. realizaciones del ITRF) [Evaluar] **IV:** Convertir coordenadas entre sistemas geodésicos, geocéntricos y proyectados [Usar] **V:** Explicar cómo se materializa y mantiene un datum geodésico a través del tiempo [Familiarizarse]

Bibliografía: [Vaníček and Krakiwsky, 1986, Torge and Müller, 2012]

5.2 Redes Geodésicas de Control, 13 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de redes geodésicas de control: configuración, redundancia y selección de puntos **II:** Ajuste de redes por mínimos cuadrados e interpretación de elipses de error **III:** Redes geodésicas de control nacionales y su mantenimiento institucional (p. ej. la red del IGN Perú) **IV:** Densificación de redes de control para levantamientos locales y a nivel de proyecto **V:** Estándares de precisión geodésica y clasificación de puntos de control

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar una red geodésica de control con configuración y redundancia apropiadas [Usar] **II:** Ajustar una red geodésica por mínimos cuadrados e interpretar las elipses de error resultantes [Evaluar] **III:** Describir la estructura y el mantenimiento de una red geodésica de control nacional [Familiarizarse] **IV:** Densificar una red de control nacional para un levantamiento local o a nivel de proyecto [Usar] **V:** Clasificar un punto de control según el estándar de precisión geodésica que le corresponde [Evaluar]

Bibliografía: [Vaníček and Krakiwsky, 1986, Ghilani and Wolf, 2015]

5.3 Geodesia Satelital y Posicionamiento de Precisión, 25 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Posicionamiento geodésico GNSS: procesamiento estático de líneas base para precisión de control **II:** Fundamentos de órbitas satelitales y efemérides transmitidas versus precisas **III:** Principios y aplicaciones del Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) **IV:** Planificación y ejecución de una campaña de observación GNSS de grado geodésico **V:** Fuentes de error GNSS que afectan el posicionamiento de grado geodésico y su mitigación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Procesar líneas base GNSS estáticas para lograr precisión de posicionamiento de grado control [Usar] **II:** Explicar los fundamentos de órbitas satelitales y la diferencia entre efemérides transmitidas y precisas [Familiarizarse] **III:** Aplicar el Posicionamiento Puntual Preciso a una observación geodésica [Evaluar] **IV:** Planificar una campaña de observación GNSS de grado geodésico [Usar] **V:** Mitigar las fuentes de error GNSS que afectan el posicionamiento de grado geodésico [Evaluar]

Bibliografía: [Hofmann-Wellenhof et al., 2008, Leick et al., 2015]

5.4 Geodesia Física y el Campo Gravitacional, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Fundamentos del campo gravitacional y fórmulas de gravedad normal **II:** Modelos de geoide y determinación de la ondulación geoidal **III:** Métodos e instrumentación de levantamientos gravimétricos **IV:** Sistemas de altura ortométrica versus elipsoidal y el rol del geoide en la conversión entre ellos **V:** Aplicación de la ondulación geoidal para obtener alturas ortométricas a partir de datos GNSS

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el campo gravitacional de la Tierra y la fórmula de gravedad normal [Familiarizarse] **II:** Aplicar un modelo de geoide para determinar la ondulación geoidal en un punto [Usar] **III:** Realizar un levantamiento gravimétrico y procesar los datos resultantes [Evaluar] **IV:** Distinguir las alturas ortométricas de las elipsoidales y explicar cuándo se usa cada una [Familiarizarse] **V:** Convertir alturas elipsoidales de GNSS a alturas ortométricas usando un modelo de geoide [Usar]

Bibliografía: [Heiskanen and Moritz, 1967, Torge and Müller, 2012]

6. Bibliografía

[Ghilani and Wolf, 2015] Ghilani, C. D. and Wolf, P. R. (2015). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson, 14th edition.

[Heiskanen and Moritz, 1967] Heiskanen, W. A. and Moritz, H. (1967). *Physical Geodesy*. W.H. Freeman.

[Hofmann-Wellenhof et al., 2008] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Wasle, E. (2008). *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer.

[Leick et al., 2015] Leick, A., Rapoport, L., and Tatarnikov, D. (2015). *GPS Satellite Surveying*. Wiley, 4th edition.

[Torge and Müller, 2012] Torge, W. and Müller, J. (2012). *Geodesy*. De Gruyter, 4th edition.

[Vaníček and Krakiwsky, 1986] Vaníček, P. and Krakiwsky, E. J. (1986). *Geodesy: The Concepts*. Elsevier, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G3 Geología Aplicada (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2G2 Mecánica de Suelos II (6to Sem-Pág 415)

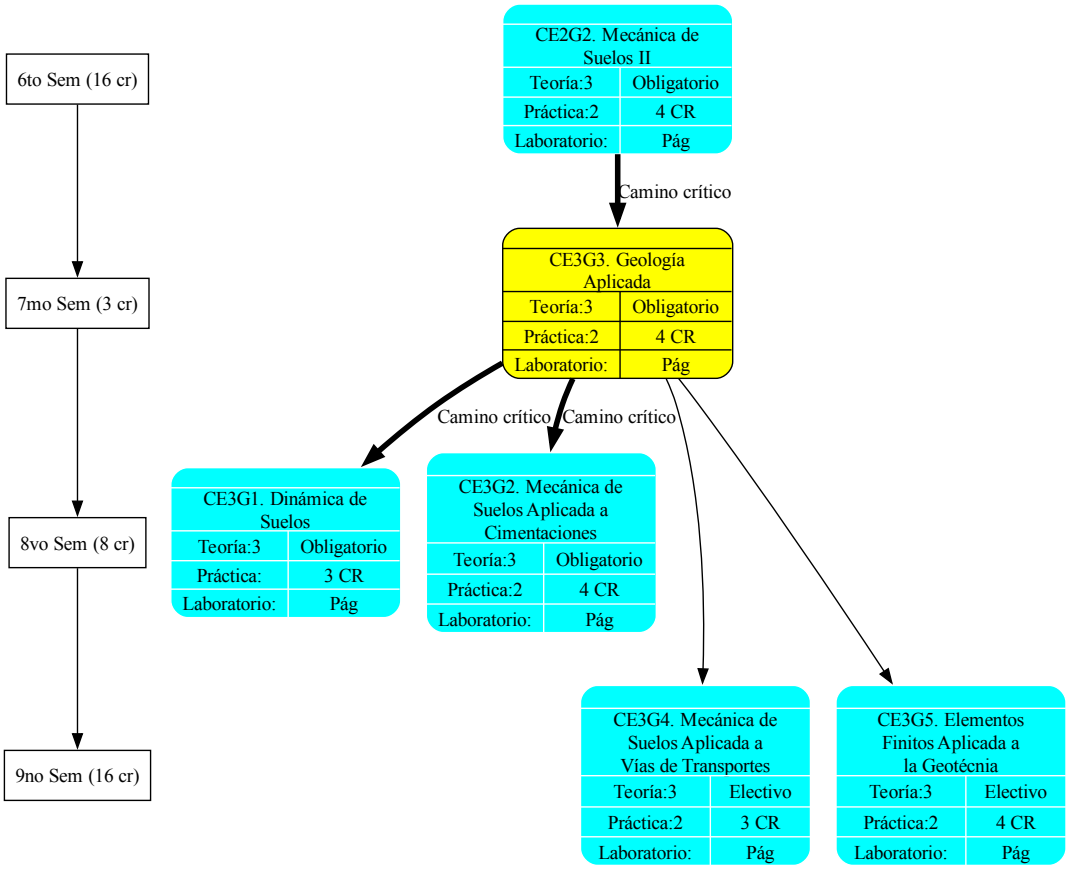


Figura 7.46: Mapa de Conexión. CE3G3 Geología Aplicada

2. Fundamentación

Geología Aplicada extiende los fundamentos descriptivos de Geología General, y se apoya en las habilidades de investigación de campo introducidas en la secuencia de Ingeniería Geotécnica, hacia el instrumental del geólogo de ingeniería en ejercicio para la infraestructura civil. El curso desarrolla la caracterización de macizos rocosos y los sistemas de clasificación estándar, el mapeo geológico de ingeniería y geotécnico, y la evaluación geológica de suelos y rocas como recursos naturales para materiales de construcción, para luego aplicar este marco a la ubicación y diseño de dos grandes grupos de obras de infraestructura -carreteras y canales, y puentes, túneles y presas- y cierra con la clasificación, el reconocimiento en campo y el mapeo de amenazas de movimientos en masa y otras amenazas geológicas relevantes para obras civiles. Como parte de la línea de especialización en

Geotecnia, complementa la secuencia de Mecánica de Suelos (I-II), orientada al diseño, con el criterio geológico requerido para caracterizar sitios, seleccionar materiales de construcción, elegir trazados de infraestructura y anticipar amenazas geológicas.

3. Objetivos del curso.

- Planificar e interpretar investigaciones geotécnicas de campo para caracterizar las condiciones del subsuelo en proyectos de ingeniería.
- Caracterizar macizos rocosos en campo y estimar su resistencia y deformabilidad usando sistemas de clasificación estándar (RMR, Q, GSI y el criterio de Hoek-Brown).
- Preparar e interpretar mapas geológicos de ingeniería y geotécnicos para la planificación de infraestructura y la zonificación de amenazas.
- Evaluar suelos y rocas como recursos naturales para materiales de construcción.
- Aplicar criterios de geología de ingeniería a la ubicación y diseño de carreteras y canales.
- Aplicar criterios de geología de ingeniería a la ubicación y diseño de puentes, túneles y presas.
- Clasificar, reconocer en campo y mapear amenazas geológicas y movimientos en masa, y proponer medidas de mitigación apropiadas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ, 5 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Planificación de la investigación y determinación del alcance **II:** Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo **III:** Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas **IV:** Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones **V:** Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos **VI:** Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono **VII:** Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro **VIII:** Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad **IX:** Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros **X:** Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos **XI:** Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación **XII:** Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] **II:** Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] **III:** Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] **IV:** Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] **V:** Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] **VI:** Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] **VII:** Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] **VIII:** Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] **IX:** Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] **X:** Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] **XI:** Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar]

XII: Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.2 Cartografía Geológico-Ingenieril y Geotécnica, 5 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos y propósitos de los mapas geológico-ingenieriles y geotécnicos **II:** Zonificación geotécnica y microzonificación para la planificación urbana y de infraestructura **III:** Simbología y leyendas especializadas para mapas geológico-ingenieriles **IV:** Uso de SIG y herramientas de sensoramiento remoto en la cartografía geotécnica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir los tipos y propósitos de los mapas geológico-ingenieriles y geotécnicos [Familiarizarse] **II:** Elaborar un mapa básico de zonificación geotécnica para un área de proyecto [Usar] **III:** Aplicar herramientas SIG para recopilar y presentar información de cartografía geotécnica [Usar]

Bibliografía: [de Vallejo et al., 2002]

5.3 Caracterización de Macizos Rocosos y Mecánica de Rocas y Suelos Aplicada, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Caracterización de discontinuidades del macizo rocoso: orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, apertura y relleno **II:** Designación de Calidad de Roca (RQD) y registro geotécnico de testigos **III:** Sistemas de clasificación de macizos rocosos: RMR, sistema Q y GSI **IV:** Estimación de la resistencia y deformabilidad del macizo rocoso mediante el criterio de Hoek-Brown **V:** Influencia del grado de meteorización en el comportamiento mecánico del macizo rocoso **VI:** Influencia del origen geológico -residual versus transportado- en las propiedades ingenieriles del suelo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Caracterizar las discontinuidades del macizo rocoso a partir de datos de campo o de testigos [Usar] **II:** Determinar el RQD y clasificar la calidad del macizo rocoso usando los sistemas RMR, Q y GSI [Evaluar] **III:** Estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo rocoso usando el criterio de Hoek-Brown [Evaluar] **IV:** Relacionar el grado de meteorización con el comportamiento mecánico esperado del macizo rocoso [Familiarizarse] **V:** Relacionar el origen geológico de un suelo con sus propiedades ingenieriles esperadas [Usar]

Bibliografía: [Bieniawski, 1989, Hoek and Bray, 1981, de Vallejo et al., 2002]

5.4 Suelos y Rocas como Recursos Naturales para Materiales de Construcción, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Fuentes geológicas y evaluación de calidad de agregados para concreto y construcción **II:** Selección de sitio y evaluación geológica de canteras y áreas de préstamo **III:** Piedra de dimensión y otros recursos de roca y suelo utilizados en construcción **IV:** Criterios y ensayos básicos de control de calidad para fuentes de materiales de construcción

Objetivos de Aprendizaje **I:** Evaluar fuentes geológicas de agregados y materiales de construcción en cuanto a calidad e idoneidad [Usar] **II:** Seleccionar y evaluar sitios de canteras y áreas de préstamo según criterios geológicos [Evaluar] **III:** Aplicar criterios básicos de control de calidad a fuentes de materiales de construcción [Familiarizarse]

Bibliografía: [Smith and Collis, 2001, de Vallejo et al., 2002]

5.5 Geología Aplicada a Carreteras y Canales, 15 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Consideraciones geológicas para la selección del trazo de carreteras **II:** Condiciones geológicas e hidrogeológicas para la ubicación de canales y el control de filtraciones **III:** Controles geológico-estructurales sobre la estabilidad de taludes de corte a lo largo de corredores de transporte **IV:** Condiciones geológicas y geotécnicas para la cimentación de terraplenes de carreteras y canales **V:** Cartografía geológico-ingenieril e identificación de peligros a lo largo de corredores de infraestructura lineal

Objetivos de Aprendizaje **I:** Evaluar las condiciones geológicas para sustentar la selección del trazo de carreteras y canales [Evaluar] **II:** Evaluar las condiciones de filtración y cimentación para el diseño de canales a partir del levantamiento geológico [Usar] **III:** Analizar los controles geológico-estructurales sobre la estabilidad de taludes de corte a lo largo de un corredor de transporte [Evaluar] **IV:** Elaborar un mapa geológico-ingenieril que identifique los peligros a lo largo de un corredor de infraestructura lineal [Usar]

Bibliografía: [Federal Highway Administration, 2001, de Vallejo et al., 2002]

5.6 Geología Aplicada a Puentes, Túneles y Presas, 20 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Estudios geológico-ingenieriles requeridos en cada fase de un proyecto de infraestructura: reconocimiento, factibilidad, diseño y construcción **II:** Consideraciones geológicas y del macizo rocoso para el trazo, el método de excavación y la selección del sostenimiento de túneles **III:** Ubicación geológica y caracterización de la cimentación y estribos de presas **IV:** Geología del vaso de embalse: filtraciones, peligros de deslizamientos inducidos por el embalse y fuentes de sedimentación **V:** Consideraciones geológicas para la selección del sitio de puentes y las condiciones de cimentación de pilares y estribos **VI:** Criterios geológicos comparativos para seleccionar sitios y trazos entre alternativas de infraestructura

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los estudios geológico-ingenieriles requeridos en cada fase de un proyecto de infraestructura [Familiarizarse] **II:** Evaluar las condiciones del macizo rocoso relevantes para el método de excavación y la selección del sostenimiento de túneles [Evaluar] **III:** Caracterizar la idoneidad geológica de un sitio para la cimentación y los estribos de una presa [Evaluar] **IV:** Evaluar los peligros geológicos asociados al embalse, incluyendo el riesgo de deslizamientos inducidos por el llenado [Usar] **V:** Evaluar las condiciones geológicas relevantes para la ubicación de la cimentación de puentes [Usar]

Bibliografía: [Federal Highway Administration, 2001, Hoek et al., 1995, de Vallejo et al., 2002]

5.7 Peligros Geológicos y Movimientos de Masa, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Clasificación de movimientos de masa: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos y esparcimientos laterales **II:** Factores detonantes y condicionantes de los movimientos de masa: geológicos, hidrológicos y sísmicos **III:** Reconocimiento de campo de la morfología de deslizamientos e indicadores de inestabilidad activa o pasada **IV:** Peligros geológicos por actividad sísmica y volcánica relevantes para la infraestructura civil **V:** Mapeo de susceptibilidad y zonificación de riesgo de peligros geológicos **VI:** Panorama de medidas de mitigación estructurales y no estructurales para peligros geológicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar los movimientos de masa según su mecanismo y tipo de material [Evaluar] **II:** Identificar los factores detonantes y condicionantes de los movimientos de masa en un sitio dado [Familiarizarse] **III:** Reconocer los indicadores de campo de la morfología de deslizamientos y la inestabilidad de taludes [Usar] **IV:** Elaborar un mapa de susceptibilidad

a peligros geológicos para un área de proyecto [Evaluar] **V:** Proponer medidas de mitigación apropiadas para un tipo específico de peligro geológico [Usar]

Bibliografía: [Cruden and Varnes, 1996, Hoek and Bray, 1981, de Vallejo et al., 2002]

6. Bibliografía

[Bieniawski, 1989] Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley & Sons, 1st edition.

[Cruden and Varnes, 1996] Cruden, D. M. and Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. In *Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board Special Report 247*. National Academy Press.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[de Vallejo et al., 2002] de Vallejo, L. I. G., Ferrer, M., Ortuño, L., and Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, 1st edition.

[Federal Highway Administration, 2001] Federal Highway Administration (2001). *Engineering Geology Field Manual, Volumes I-II*, 2nd edition.

[Hoek and Bray, 1981] Hoek, E. and Bray, J. W. (1981). *Rock Slope Engineering*. Institution of Mining and Metallurgy, 3rd edition.

[Hoek et al., 1995] Hoek, E., Kaiser, P. K., and Bawden, W. F. (1995). *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. A. A. Balkema, 1st edition.

[Smith and Collis, 2001] Smith, M. R. and Collis, L. (2001). Aggregates: Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes. In *Geological Society Engineering Geology Special Publication 17*. Geological Society of London, 3rd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
CE3H2 Hidrología General (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 7mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)
  - STA251 Estadística y Probabilidades (4to Sem-Pág 388)

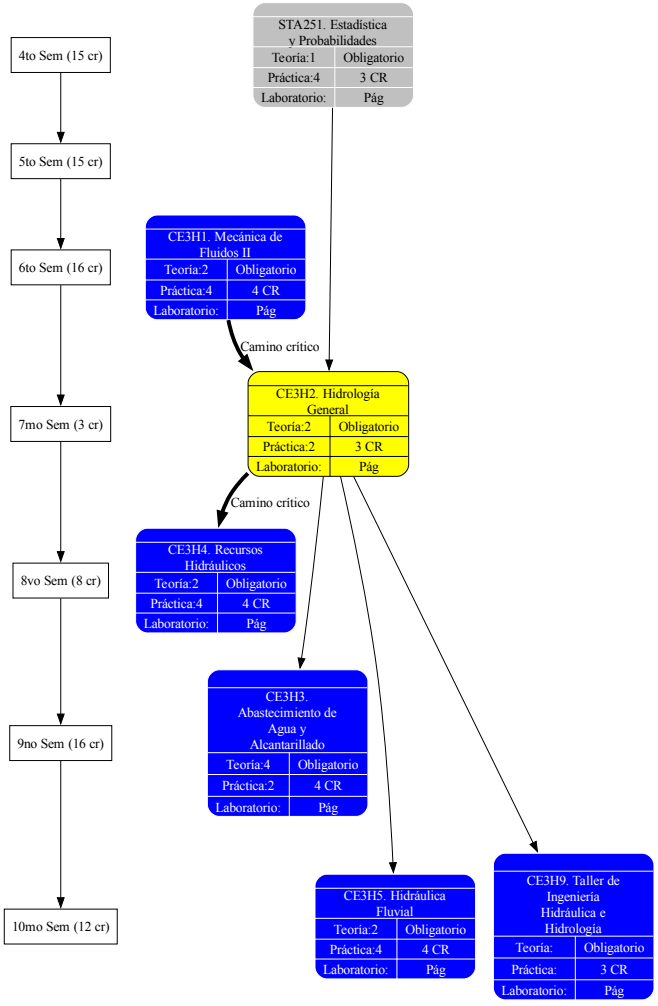


Figura 7.47: Mapa de Conexión. CE3H2 Hidrología General

2. Fundamentación

Hidrología General cubre los procesos del ciclo hidrológico relevantes para la ingeniería de recursos hídricos: climatología y meteorología básica, medición y análisis de precipitación a nivel de cuenca, redes de estaciones hidrométricas, y el análisis estadístico de eventos hidrológicos extremos (máximas avenidas) mediante distribuciones de probabilidad. El curso provee las herramientas de análisis hidrológico que sustentan el diseño de estructuras hidráulicas y de recursos hídricos en los cursos posteriores de la línea de Hidráulica.

3. Objetivos del curso.

- Comprender los procesos del ciclo hidrológico y estimar sus componentes (precipitación, evaporación, escorrentía) a nivel de cuenca.
- Analizar registros de precipitación mediante métodos de estimación areal (aritmético, Thiessen, isoyetas, hipsométrico).
- Realizar análisis de frecuencia de máximas avenidas aplicando pruebas de bondad de ajuste y distribuciones de probabilidad (Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III, Gumbel).

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico **II:** Medición y análisis de precipitación **III:** Estimación de evaporación y evapotranspiración **IV:** Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse] **II:** Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar] **III:** Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar] **IV:** Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

5.2 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas, 17 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario **II:** Modelación de cuencas y simulación hidrológica **III:** Medición de caudal y técnicas de aforo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar] **II:** Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar] **III:** Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

5.3 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático, 17 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño **II:** Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses **III:** Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar] **II:** Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar] **III:** Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

6. Bibliografía

[Chow et al., 1988] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

Octavo Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C2 Tecnología de la Construcción I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 1 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)

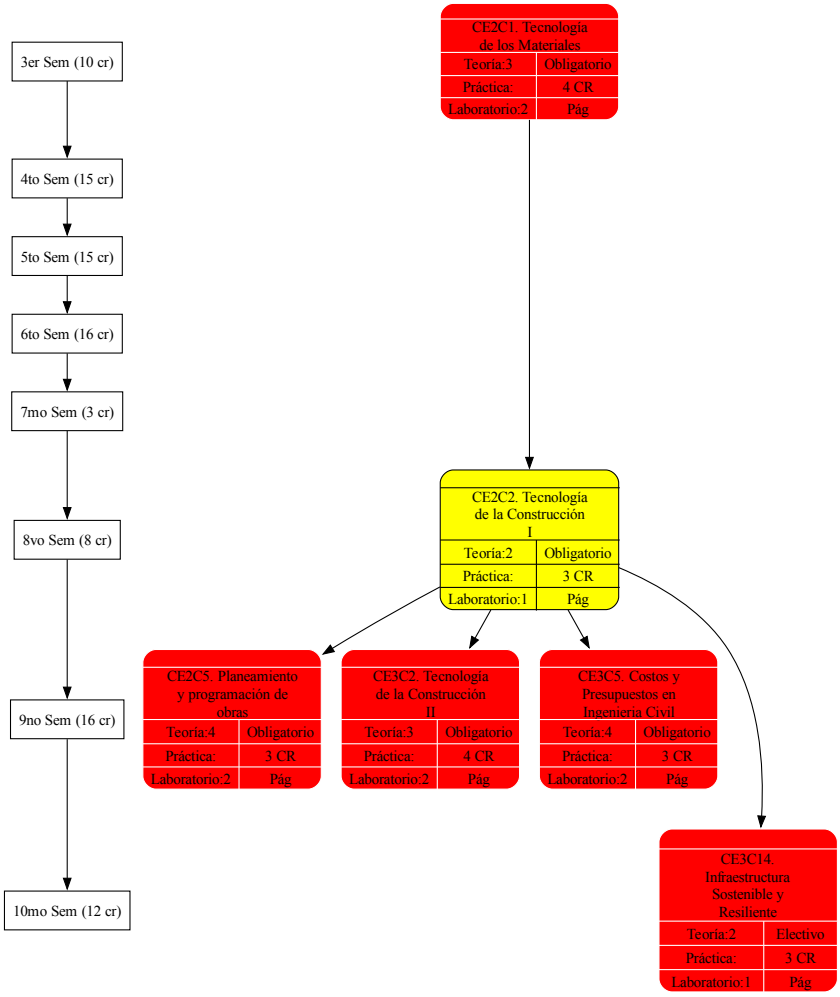


Figura 7.48: Mapa de Conexión. CE2C2 Tecnología de la Construcción I

2. Fundamentación

Tecnología de la Construcción I cubre los métodos, equipos y la productividad de la construcción, incluyendo el movimiento de tierras y los procesos constructivos de estructuras de concreto y acero. El curso incluye además la seguridad y gestión de riesgos en obra, y una introducción a las tecnologías digitales de construcción (BIM) para la gestión de proyectos.

3. Objetivos del curso.

- Seleccionar métodos, equipos y procesos constructivos apropiados para operaciones de movimiento de tierras y construcción de estructuras.
- Medir y analizar la productividad de las operaciones de construcción.
- Aplicar principios de seguridad y gestión de riesgos en obras de construcción.
- Utilizar herramientas BIM para la gestión digital de proyectos de construcción.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción, 38 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Operaciones de movimiento de tierras: excavación, acarreo, compactación y diagramas de masas **II:** Construcción de concreto: encofrados, colocación, acabado y curado **III:** Erección de acero, conexiones y procedimientos de seguridad **IV:** Tipos, capacidades y criterios de selección de equipos de construcción **V:** Medición de productividad, análisis de tiempo de ciclo y balance de cuadrillas **VI:** Métodos de construcción pesada para túneles, presas y puentes **VII:** Economía de equipos: propiedad vs. alquiler, depreciación y costo operativo **VIII:** Tecnologías sin zanja y sistemas de soporte para excavaciones profundas **IX:** Automatización y robótica en operaciones de construcción

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar equipo de construcción apropiado para tareas comunes de movimiento de tierras y manejo de materiales [Usar] **II:** Diseñar encofrados y apuntalamientos básicos para una losa o muro de concreto [Evaluar] **III:** Explicar la secuencia y consideraciones de seguridad para la erección de acero [Familiarizarse] **IV:** Calcular tasas de productividad y tiempos de ciclo para operaciones de equipo [Usar] **V:** Balancear una cuadrilla de construcción para optimizar la productividad de una tarea dada [Evaluar] **VI:** Comparar métodos de construcción para un proyecto de obra pesada como un túnel a cielo abierto (cut-and-cover) [Evaluar] **VII:** Analizar la vida económica y el costo horario de una pieza de equipo de construcción [Usar] **VIII:** Describir las aplicaciones y limitaciones de las tecnologías de construcción sin zanja [Familiarizarse] **IX:** Evaluar el potencial de la automatización para mejorar la seguridad y productividad en un sitio de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Peurifoy et al., 2018]

5.2 Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Sistemas de gestión de seguridad y el rol de la cultura de seguridad **II:** Peligros comunes en construcción: caídas, golpes, electrocución, atrapamiento/aprisionamiento **III:** Regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y cumplimiento **IV:** Técnicas de identificación y evaluación de riesgos (ej. AST, listas de verificación) **V:** Jerarquía de controles: eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos, EPP **VI:** Salud ocupacional: sílice, ruido, ergonomía e higiene industrial **VII:** Planificación de respuesta a emergencias e investigación de

incidentes **VIII:** Principios de seguros y fianzas para transferencia de riesgos en construcción **IX:** Indicadores líderes de seguridad proactivos y análisis predictivo

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar los "Cuatro Fatales" peligros de construcción y los requisitos básicos de OSHA para cada uno [Familiarizarse] **II:** Realizar un Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) para una tarea común de construcción [Evaluar] **III:** Desarrollar un plan de seguridad específico del sitio para un escenario de proyecto dado [Usar] **IV:** Aplicar la jerarquía de controles para mitigar un riesgo de seguridad identificado [Familiarizarse] **V:** Evaluar exposiciones de salud ocupacional (ej. ruido, polvo) y recomendar estrategias de monitoreo [Evaluar] **VI:** Crear un plan de respuesta a emergencias para un sitio de construcción [Usar] **VII:** Explicar el propósito y tipos de seguros (ej. Responsabilidad Civil General, compensación laboral) en la gestión de riesgos de construcción [Familiarizarse] **VIII:** Proponer indicadores líderes de seguridad para rastrear y predecir el desempeño de seguridad del sitio [Evaluar]

Bibliografía: [Hinze, 2005]

5.3 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos, 2 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN **II:** Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico **III:** Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques **IV:** Plataformas de colaboración, Entornos de Datos Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM **V:** Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural **VI:** Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales **VII:** Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM **VIII:** Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM) **IX:** Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Objetivos de Aprendizaje I: Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse] **II:** Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar] **III:** Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar] **IV:** Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse] **V:** Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar] **VI:** Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse] **VII:** Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar] **VIII:** Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Eastman et al., 2018]

5.4 Visitas de Obra, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Visita técnica a una obra de construcción en ejecución. **II:** Observación de los métodos constructivos, equipos, productividad y prácticas de seguridad empleados en campo. **III:** Elaboración de un informe técnico de la visita.

Objetivos de Aprendizaje I: Relacionar los métodos constructivos, los equipos y las prácticas de seguridad estudiados en el curso con su aplicación real en obra [Usar].

Bibliografía: []

6. Bibliografía

[Eastman et al., 2018] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Lee, G. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. Wiley, 3rd edition.

[Hinze, 2005] Hinze, J. W. (2005). *Construction Safety*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Peurifoy et al., 2018] Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., and Jha, K. N. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BEC101 Economía General (1er Sem-Pág 301)

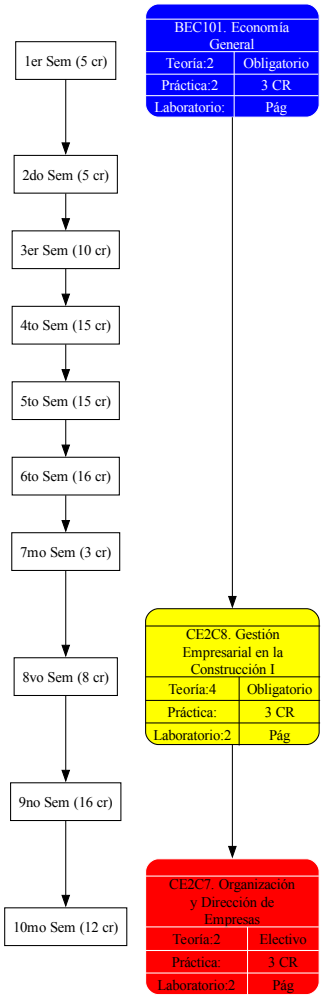


Figura 7.49: Mapa de Conexión. CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I

2. Fundamentación

Gestión Empresarial en la Construcción I aplica los fundamentos de la administración de empresas – derecho contractual, financiamiento de proyectos, contabilidad de costos, emprendimiento, marketing, legislación laboral y toma de decisiones gerenciales – al problema específico de dirigir una empresa constructora. Sobre la base de los conceptos organizacionales y operativos introducidos en Organización y Dirección de Empresas, el curso prepara al futuro ingeniero civil para negociar y gestionar contratos de construcción, evaluar la viabilidad financiera de los proyectos y controlar sus

costos, estructurar y promocionar una empresa constructora, cumplir con la normativa laboral y tomar decisiones gerenciales sólidas bajo el riesgo e incertidumbre propios del sector construcción.

3. Objetivos del curso.

- Analizar la formación, términos, incumplimiento y remedios de los contratos de construcción.
- Aplicar técnicas de evaluación de inversiones para determinar la viabilidad financiera de proyectos de construcción.
- Aplicar el análisis costo-volumen-utilidad, presupuestos y análisis de variaciones al control de costos de una empresa constructora.
- Diseñar y validar el modelo de negocio de una empresa constructora usando el Business Model Canvas y técnicas de descubrimiento de clientes.
- Diseñar una estrategia de marketing digital para servicios de construcción.
- Explicar las obligaciones laborales y de cumplimiento normativo de un empleador del sector construcción.
- Aplicar modelos de toma de decisiones gerenciales bajo riesgo e incertidumbre a problemas de gestión de la construcción.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Derecho de Contratos y Transacciones Empresariales, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Elementos de un contrato válido: oferta, aceptación, contraprestación (causa), capacidad y objeto lícito **II:** Cláusulas expresas e implícitas, cláusulas de exclusión, dolo, error y frustración del contrato **III:** Incumplimiento de contrato: tipos, consecuencias y remedios (daños y perjuicios, cumplimiento específico, rescisión) **IV:** Contratos electrónicos y firmas digitales: validez legal, leyes de firma electrónica (eIDAS, ESIGN) y acuerdos click-wrap y browse-wrap

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los elementos esenciales de un contrato legalmente vinculante y las circunstancias que lo hacen nulo o anulable [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios del derecho de contratos para analizar la ejecutabilidad legal de un acuerdo empresarial [Usar] **III:** Evaluar los remedios contractuales disponibles en un escenario de incumplimiento dado y recomendar la acción legal apropiada [Evaluar]

Bibliografía: [Clarkson et al., 2021]

5.2 Presupuestación de Capital y Decisiones de Inversión, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), TIR modificada y sus reglas de decisión **II:** Período de recuperación, período de recuperación descontado e índice de rentabilidad como criterios de presupuestación de capital **III:** Análisis de sensibilidad, análisis de escenarios, simulación de Monte Carlo y análisis de punto de equilibrio en proyectos de capital **IV:** Opciones reales en la inversión de capital: opción de expandir, abandonar o diferir; reconocimiento de la flexibilidad estratégica en la valoración de proyectos

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la regla del VPN y su superioridad frente a otros criterios de presupuestación de capital [Familiarizarse] **II:** Calcular el VPN y la TIR para un proyecto de capital y aplicar las reglas de decisión [Usar] **III:** Evaluar una propuesta de inversión de capital bajo incertidumbre usando análisis de sensibilidad y escenarios [Evaluar]

Bibliografía: [Brealey et al., 2020]

5.3 Contabilidad Gerencial y Análisis de Costos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Clasificación de costos: fijo vs. variable, directo vs. indirecto, producto vs. período y costos relevantes para decisiones **II:** Análisis CVU: punto de equilibrio, margen de contribución, margen de seguridad y apalancamiento operativo **III:** Presupuestos maestros, presupuestos flexibles, costeo estándar y análisis de variaciones (variaciones de precio y eficiencia) **IV:** Costeo basado en actividades (ABC): generadores de costo, agrupaciones de actividades, precisión en la asignación de costos indirectos y ABC frente al costeo tradicional

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar los diferentes tipos de costos y explicar su relevancia para la toma de decisiones gerenciales [Familiarizarse] **II:** Calcular el punto de equilibrio, el margen de contribución y las variaciones presupuestarias para una unidad de negocio [Usar] **III:** Evaluar el desempeño de una unidad de negocio usando análisis de variaciones y presupuestos flexibles [Evaluar]

Bibliografía: [Garrison et al., 2021]

5.4 Diseño y Validación del Modelo de Negocio, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Lienzo del Modelo de Negocio: nueve bloques constructivos (segmentos de clientes, propuestas de valor, canales, flujos de ingresos, recursos clave, actividades clave **II:** Descubrimiento y validación del cliente: entrevistas de problema, entrevistas de solución y decisiones de pivotar vs. perseverar **III:** Producto mínimo viable (PMV): principios de diseño, experimentación lean y el ciclo de retroalimentación construir-medir-aprender **IV:** Modelos de negocio de plataforma y efectos de red: plataformas multilaterales, dinámicas de "el ganador se lo lleva todo" y estrategias de monetización para plataformas digitales

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los componentes del Lienzo del Modelo de Negocio y explicar cómo interactúan para crear y entregar valor [Familiarizarse] **II:** Diseñar un lienzo de modelo de negocio para una idea de emprendimiento e identificar los supuestos clave a validar [Usar] **III:** Evaluar el modelo de negocio de una startup en cuanto a coherencia interna y viabilidad de mercado [Evaluar]

Bibliografía: [Osterwalder and Pigneur, 2010]

5.5 Marketing Digital, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: SEO, SEM y marketing en redes sociales: plataformas, algoritmos, alcance orgánico vs. pago y gestión de comunidades **II:** Estrategia de marketing de contenidos: tipos de contenido, calendarios editoriales, narrativa e inbound marketing **III:** Analítica digital: métricas web, embudos de conversión, pruebas A/B y optimización de campañas basada en datos **IV:** Email marketing y automatización de marketing: segmentación, campañas de goteo (drip campaigns), nutrición de leads, integración con CRM y métricas de entregabilidad

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los principales canales de marketing digital y las métricas utilizadas para medir su efectividad [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un plan de marketing digital incluyendo selección de canales, estrategia de contenidos y definición de KPIs [Usar] **III:** Evaluar el ROI de una campaña de marketing digital utilizando datos de analítica [Evaluar]

Bibliografía: [Chaffey and Ellis-Chadwick, 2019]

5.6 Cumplimiento Regulatorio y Derecho Laboral, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Derecho de la competencia y antimonopolio: acuerdos prohibidos, abuso de posición dominante, control de fusiones y aplicación **II:** Regulación de protección de datos: principios del RGPD, derechos de los titulares, responsabilidades del responsable y encargado del tratamiento, y notificación de brechas **III:** Derecho laboral: contrato de trabajo, despido improcedente, discriminación, seguridad y salud en el trabajo, y negociación colectiva **IV:** Derecho de protección al consumidor: prácticas comerciales desleales, responsabilidad por producto, obligaciones de garantía y mecanismos de reparación para consumidores

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los principales marcos regulatorios que afectan las operaciones empresariales en áreas clave (competencia, datos, empleo) [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios de privacidad de datos y derecho laboral para analizar un escenario de cumplimiento empresarial [Usar] **III:** Diseñar un marco de gestión del cumplimiento para un área regulatoria específica que enfrenta una empresa [Evaluar]

Bibliografía: [Clarkson et al., 2021]

5.7 Toma de Decisiones Gerenciales, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Modelo racional de toma de decisiones vs. racionalidad limitada; satisfacción y heurísticas en decisiones gerenciales **II:** Toma de decisiones bajo riesgo e incertidumbre: valor esperado, árboles de decisión y análisis de sensibilidad **III:** Sesgos cognitivos comunes (anclaje, exceso de confianza, heurística de disponibilidad) y estrategias de desactivación **IV:** Técnicas de decisión grupal: método Delphi, técnica de grupo nominal, lluvia de ideas y procesos de construcción de consenso

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el modelo racional de toma de decisiones y sus limitaciones bajo racionalidad limitada [Familiarizarse] **II:** Construir un árbol de decisión y calcular valores esperados para apoyar una decisión gerencial bajo riesgo [Usar] **III:** Evaluar cómo los sesgos cognitivos distorsionan las decisiones gerenciales y recomendar intervenciones de desactivación [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

6. Bibliografía

[Brealey et al., 2020] Brealey, R. A., Myers, S. C., and Allen, F. (2020). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill, 13th edition.

[Chaffey and Ellis-Chadwick, 2019] Chaffey, D. and Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing*. Pearson, 7th edition.

[Clarkson et al., 2021] Clarkson, K. W., Miller, R. L., and Cross, F. B. (2021). *Business Law: Text and Cases*. Cengage Learning, 15th edition.

[Garrison et al., 2021] Garrison, R. H., Noreen, E. W., and Brewer, P. C. (2021). *Managerial Accounting*. McGraw-Hill, 17th edition.

[Osterwalder and Pigneur, 2010] Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. Wiley, 1st edition.

[Robbins and Coulter, 2017] Robbins, S. P. and Coulter, M. (2017). *Management*. Pearson, 14th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2T4 Ingeniería de Transportes (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2G1 Mecánica de Suelos I (5to Sem-Pág 397)
  - CE2H1 Mecánica de Fluidos I (5to Sem-Pág 400)
  - CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)

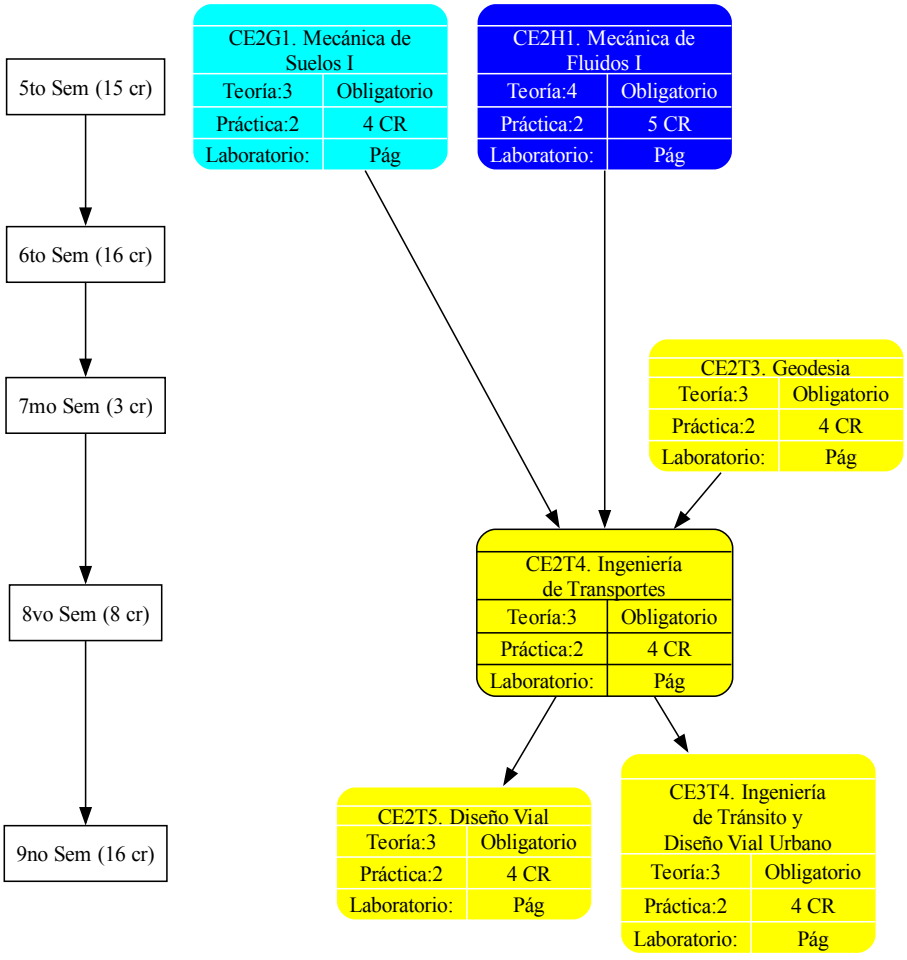


Figura 7.50: Mapa de Conexión. CE2T4 Ingeniería de Transportes

2. Fundamentación

Ingeniería de Transportes es el curso introductorio de panorama general del área de especialización de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG). Brinda a los estudiantes una visión panorámica de los principales modos de transporte -caminos, ferrocarriles, puertos y aeropuertos-, introduciendo el marco de planificación y economía común a todos ellos, los dispositivos de control de tránsito y los sistemas

inteligentes de transporte (ITS) empleados para operar las redes viales, y los conceptos fundamentales de alineamiento, operaciones, planificación, hidráulica y diseño geométrico propios de las instalaciones ferroviarias, portuarias y aeroportuarias. El curso no profundiza en ningún modo en particular; cada uno se desarrolla con mayor profundidad en un curso dedicado más adelante en la especialización (p. ej., Planificación de Transporte, Puertos), para el cual este curso sienta las bases conceptuales.

3. Objetivos del curso.

- Describir los fundamentos de la planificación multimodal del transporte y la evaluación económica, reconociendo cómo se integran los sistemas de transporte vial, ferroviario, portuario y aéreo dentro de una red de transporte.
- Reconocer la función, los principios de diseño y las tecnologías de los dispositivos de control de tránsito y los sistemas inteligentes de transporte (ITS) empleados para gestionar el tránsito vial.
- Identificar los conceptos fundamentales de alineamiento, operación y capacidad de los sistemas de transporte ferroviario.
- Identificar los conceptos fundamentales de planificación, hidráulica marítima y diseño estructural aplicados a terminales portuarias.
- Identificar los conceptos fundamentales de planificación y diseño geométrico aplicados a aeropuertos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Planificación de Transporte y Economía, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Proceso de planificación de transporte y marco institucional **II:** Modelación y métodos de pronóstico de la demanda de viajes **III:** Modelo de demanda de viajes de cuatro etapas **IV:** Métodos de recolección de datos para planificación de transporte **V:** Evaluación económica y análisis costo-beneficio **VI:** Modelación basada en actividades y técnicas avanzadas de pronóstico **VII:** Planificación de transporte multimodal e integración **VIII:** Transporte sostenible y consideraciones ambientales **IX:** Participación pública y compromiso con las partes interesadas **X:** Medidas de desempeño y monitoreo del sistema

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el proceso de planificación de transporte y las relaciones institucionales [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos de pronóstico de demanda de viajes para predecir patrones futuros de viaje [Evaluar] **III:** Implementar el modelo de demanda de viajes de cuatro etapas para análisis regional [Usar] **IV:** Diseñar programas de recolección de datos para estudios de transporte [Evaluar] **V:** Realizar análisis costo-beneficio para proyectos de transporte [Usar] **VI:** Utilizar modelos basados en actividades para análisis avanzado de demanda de viajes [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes integrados de transporte multimodal [Usar] **VIII:** Incorporar principios de sostenibilidad en la planificación del transporte [Evaluar] **IX:** Facilitar procesos de participación pública en la planificación del transporte [Familiarizarse] **X:** Establecer medidas de desempeño y sistemas de monitoreo para redes de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [Mannering and Washburn, 2013]

5.2 Dispositivos de Control del Tránsito, 2 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Clasificación y diseño de señales reglamentarias, preventivas e informativas **II:** Ubicación, dimensionamiento y requisitos de retrorreflectividad de señales **III:** Tipos de marcas en el pavimento, materiales y criterios de ubicación **IV:** Análisis de estudios de garantía (warrants) y justificación de semáforos **V:** Diseño de fases, secuencias y detección vehicular/peatonal del semáforo **VI:** Equipamiento de semáforos, controladores y consideraciones de mantenimiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar señales de tránsito según los estándares nacionales/MUTCD equivalentes y seleccionar la señal apropiada para una condición dada [Familiarizarse] **II:** Especificar la ubicación, tamaño y retrorreflectividad de señales según los estándares de diseño [Usar] **III:** Diseñar un plan de marcas en el pavimento para un tramo de vía dado [Evaluar] **IV:** Realizar un análisis de estudio de garantía para justificar la instalación de un semáforo [Evaluar] **V:** Diseñar las fases y la disposición de detección de un semáforo para una intersección [Usar] **VI:** Evaluar los requisitos de equipamiento y controladores de un semáforo para una instalación [Familiarizarse]

Bibliografía: [Mannering and Washburn, 2013]

5.3 Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados, 3 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Arquitectura de ITS y componentes del sistema **II:** Tecnologías de detección y vigilancia del tránsito **III:** Sistemas avanzados de gestión de tráfico **IV:** Sistemas de información al viajero y datos en tiempo real **V:** Tecnologías de vehículos conectados y comunicación V2X **VI:** Sistemas de vehículos autónomos y requisitos de infraestructura **VII:** Control de señales adaptativo y sistemas sensibles al tráfico **VIII:** Cobro electrónico de peajes y tarificación por congestión **IX:** Prioridad de semáforos para transporte público y sistemas de tránsito rápido de autobuses **X:** Análisis de datos e inteligencia artificial en transporte

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la arquitectura de ITS e identificar los componentes del sistema [Familiarizarse] **II:** Seleccionar tecnologías de detección de tránsito apropiadas para aplicaciones específicas [Evaluar] **III:** Diseñar implementaciones de sistemas avanzados de gestión de tráfico [Usar] **IV:** Implementar sistemas de información al viajero y estrategias de diseminación [Evaluar] **V:** Describir tecnologías de vehículos conectados y protocolos de comunicación [Familiarizarse] **VI:** Evaluar los requisitos de infraestructura para el despliegue de vehículos autónomos [Evaluar] **VII:** Aplicar algoritmos de control de señales adaptativo para optimización del tráfico [Usar] **VIII:** Analizar sistemas de cobro electrónico de peajes y estrategias de tarificación [Evaluar] **IX:** Integrar la prioridad de semáforos para transporte público en redes multimodales [Usar] **X:** Utilizar análisis de datos e IA para la optimización del sistema de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [Sussman, 2005]

5.4 Diseño de Alineamiento Ferroviario, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Alineamiento horizontal y diseño de curvas para vía férrea **II:** Alineamiento vertical y diseño de pendientes para vía férrea **III:** Peralte y diseño de curvas de transición **IV:** Estándares de ancho de vía y gálibo cinemático (espacio libre) **V:** Criterios de diseño de alineamiento según el tipo de servicio (carga, pasajeros, alta velocidad)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar el alineamiento horizontal y las curvas de una vía férrea [Usar] **II:** Determinar el alineamiento vertical y las pendientes de una vía férrea [Usar] **III:** Calcular el peralte y la longitud de las curvas de transición para una velocidad de diseño [Evaluar]

IV: Describir los estándares de ancho de vía y los requisitos de gálibo cinemático [Familiarizarse]
V: Seleccionar los criterios de diseño de alineamiento apropiados según el tipo de servicio [Usar]

Bibliografía: [Profillidis, 2014]

5.5 Capacidad y Operaciones Ferroviarias, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Análisis de capacidad de línea y red ferroviaria **II:** Métodos de programación de circulaciones y resolución de conflictos **III:** Planificación de operaciones de carga y pasajeros **IV:** Despacho de trenes y operaciones de centro de control

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar la capacidad de línea y red ferroviaria [Evaluar] **II:** Elaborar un programa horario ferroviario libre de conflictos [Usar] **III:** Planificar operaciones ferroviarias de carga y pasajeros [Usar] **IV:** Describir las funciones de despacho de trenes y del centro de control [Familiarizarse]

Bibliografía: [Profillidis, 2014]

5.6 Planificación Portuaria, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Proceso de planificación maestra portuaria **II:** Criterios de selección de sitio para el desarrollo portuario **III:** Planificación de sistemas portuarios dentro de redes logísticas nacionales y regionales **IV:** Pronóstico de la demanda de carga y tráfico de buques

Objetivos de Aprendizaje I: Elaborar un plan maestro portuario [Usar] **II:** Evaluar sitios candidatos para el desarrollo portuario [Evaluar] **III:** Describir cómo se inserta un puerto dentro de una red logística nacional o regional [Familiarizarse] **IV:** Pronosticar la demanda de carga y tráfico de buques [Usar]

Bibliografía: [Thoresen, 2014]

5.7 Hidráulica Marítima para Puertos, 2 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Análisis de generación, propagación y transformación del oleaje **II:** Caracterización de mareas y corrientes para el diseño portuario **III:** Análisis de agitación portuaria y resonancia (seiche) **IV:** Condiciones metoceánicas de diseño y selección del período de retorno

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar la generación, propagación y transformación del oleaje en un emplazamiento portuario [Usar] **II:** Caracterizar las mareas y corrientes relevantes para el diseño portuario [Familiarizarse] **III:** Evaluar el riesgo de agitación y resonancia portuaria para una disposición propuesta [Evaluar] **IV:** Seleccionar las condiciones metoceánicas de diseño para un período de retorno dado [Usar]

Bibliografía: [US Army Corps of Engineers, 2002]

5.8 Diseño de Atraques y Muelles, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Diseño de muelles (estructuras de gravedad, tablestacado y pilotes) **II:** Dimensionamiento de atraques para clases de buque de diseño **III:** Sistemas de amarre y disposición de bolardos **IV:** Selección de sistemas de defensas y diseño de absorción de energía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar un muelle para condiciones de suelo y carga especificadas [Evaluar] **II:** Dimensionar un atraque para una clase de buque de diseño [Usar] **III:** Disponer un sistema de amarre y la distribución de bolardos [Usar] **IV:** Especificar un sistema de defensas con base en los requisitos de absorción de energía de atraque [Evaluar]

Bibliografía: [Tsinker, 2004]

5.9 Planificación Aeroportuaria y Pronóstico de Demanda, 3 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Proceso de planificación maestra aeroportuaria y selección de sitio **II:** Planificación de sistemas aeroportuarios en el contexto regional y nacional **III:** Métodos de pronóstico de la demanda de aviación **IV:** Análisis de capacidad aeroportuaria y nivel de servicio

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el proceso de planificación maestra aeroportuaria y los criterios de selección de sitio [Familiarizarse] **II:** Integrar un aeropuerto dentro de un plan de sistema aeroportuario regional [Usar] **III:** Pronosticar la demanda de aviación utilizando métodos establecidos [Usar] **IV:** Realizar el análisis de capacidad aeroportuaria y evaluar el nivel de servicio [Evaluar]

Bibliografía: [Horonjeff et al., 2010]

5.10 Diseño Geométrico del Lado Aire, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Código de referencia del aeródromo y clasificación de referencia del aeropuerto (ARC) **II:** Análisis de orientación de pista y evaluación de la rosa de vientos **III:** Estándares de diseño geométrico de pistas y calles de rodaje **IV:** Separaciones de áreas de seguridad, fajas de pista/calle de rodaje y zonas libres de obstáculos **V:** Diseño geométrico de plataformas y apartaderos de espera de aeronaves

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar un aeródromo según su código de referencia [Familiarizarse] **II:** Determinar la orientación de pista a partir del análisis de la rosa de vientos [Usar] **III:** Diseñar la geometría de pistas y calles de rodaje siguiendo los estándares FAA/ICAO [Evaluar] **IV:** Verificar las separaciones de áreas de seguridad y las zonas libres de obstáculos requeridas [Evaluar] **V:** Disponer plataformas y apartaderos de espera de aeronaves [Usar]

Bibliografía: [Horonjeff et al., 2010]

6. Bibliografía

[Horonjeff et al., 2010] Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., and Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports*. McGraw-Hill, 5th edition.

[Mannering and Washburn, 2013] Mannering, F. L. and Washburn, S. S. (2013). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*. Wiley, 5th edition.

[Profillidis, 2014] Profillidis, V. A. (2014). *Railway Management and Engineering*. Ashgate, 4th edition.

[Sussman, 2005] Sussman, J. M. (2005). *Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS)*. Springer.

[Thoresen, 2014] Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer's Handbook*. ICE Publishing, 3rd edition.

[Tsinker, 2004] Tsinker, G. P. (2004). *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security*. Wiley.

[US Army Corps of Engineers, 2002] US Army Corps of Engineers (2002). Coastal engineering manual. Technical Report EM 1110-2-1100, US Army Corps of Engineers.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G1 Dinámica de Suelos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)

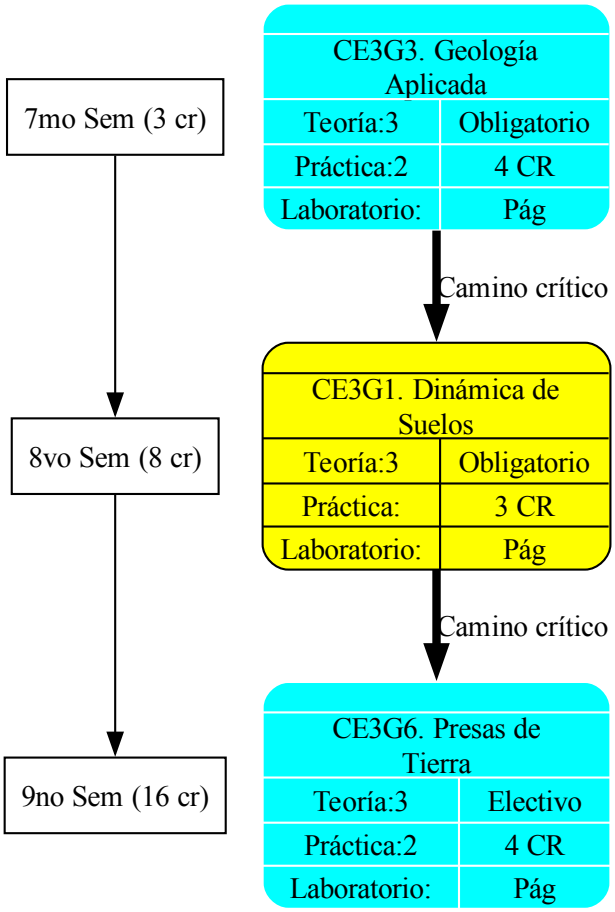


Figura 7.51: Mapa de Conexión. CE3G1 Dinámica de Suelos

2. Fundamentación

Dinámica de Suelos es una electiva avanzada de la línea de Ingeniería Geotécnica que extiende el marco estático de resistencia al corte y deformación desarrollado en Mecánica de Suelos II hacia el régimen de carga variable en el tiempo relevante para sismos y maquinaria vibratoria. El curso comienza con los fundamentos teóricos de los sistemas dinámicos de un grado de libertad y la propagación unidimensional de ondas a través de depósitos de suelo, y luego desarrolla las herramientas necesarias para caracterizar la sismicidad, procesar señales de movimiento fuerte y determinar las propiedades

dinámicas de los suelos a partir de ensayos de laboratorio y campo. Esta base sustenta el análisis de la respuesta sísmica de sitio y la estabilidad sísmica de taludes, estructuras de retención y cimentaciones, y se aplica a dos problemas de diseño de escala marcadamente distinta: el diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas de estado estacionario, y la evaluación, mitigación y análisis post-sísmico de la licuefacción del suelo, incluyendo la resistencia residual de suelos licuados. Como electiva de especialización posterior a Mecánica de Suelos I y II, el curso prepara a los estudiantes para realizar los análisis sísmicos geotécnicos requeridos en el ejercicio profesional en un país de alta sismicidad.

3. Objetivos del curso.

- Formular modelos dinámicos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar cómo viajan las ondas sísmicas a través de depósitos de suelo.
- Caracterizar la sismicidad regional, clasificar sismos según sus consecuencias esperadas y procesar señales de movimiento fuerte para su uso en el análisis sísmico geotécnico.
- Determinar las propiedades dinámicas de los suelos a partir de ensayos de laboratorio y campo para su uso en análisis de respuesta sísmica y licuefacción.
- Realizar análisis de respuesta sísmica de sitio para estimar la amplificación del movimiento del terreno y los movimientos de diseño.
- Analizar la estabilidad sísmica de taludes, estructuras de retención y cimentaciones mediante métodos pseudo-estáticos y basados en desempeño.
- Diseñar cimentaciones de maquinaria vibratoria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles.
- Evaluar la susceptibilidad y el desencadenamiento de la licuefacción, evaluar sus efectos en estructuras e infraestructura, y seleccionar medidas de mitigación incluyendo el mejoramiento del terreno.
- Evaluar la resistencia residual de suelos licuados y realizar análisis de estabilidad post-sísmico.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ingeniería Geotécnica Sísmica, 42 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo **II:** Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno **III:** Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño **IV:** Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes **V:** Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción **VI:** Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura **VII:** Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio **VIII:** Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas **IX:** Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción **X:** Desplazamiento lateral y fallas por flujo **XI:** Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante **XII:** Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos

de suelo [Usar] **II:** Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse] **III:** Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar] **IV:** Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar] **V:** Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar] **VI:** Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse] **VII:** Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar] **VIII:** Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar] **IX:** Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar] **X:** Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar] **XI:** Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar] **XII:** Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]

Bibliografía: [Kramer, 1996, Das, 1983, Prakash, 1981]

5.2 Análisis y Estabilización de Taludes, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de taludes infinitos para geometrías simples **II:** Método de las dovelas y análisis de equilibrio límite **III:** Superficies de falla circulares y no circulares **IV:** Determinación del factor de seguridad y criterios de aceptación **V:** Cartas de estabilidad y métodos simplificados **VI:** Tipos de deslizamientos y mecanismos de falla **VII:** Estabilidad sísmica de taludes y análisis pseudo-estático **VIII:** Métodos de estabilización, incluyendo drenaje y refuerzo **IX:** Sistemas de monitoreo y alerta temprana para taludes inestables **X:** Análisis probabilístico de estabilidad de taludes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de estabilidad de taludes infinitos para taludes uniformes [Evaluar] **II:** Aplicar el método de las dovelas para analizar la estabilidad de taludes [Usar] **III:** Analizar taludes con superficies de falla circulares y no circulares [Evaluar] **IV:** Calcular factores de seguridad e interpretar los resultados [Usar] **V:** Usar cartas de estabilidad para evaluación rápida de taludes [Evaluar] **VI:** Identificar tipos de deslizamientos y sus características distintivas [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la estabilidad sísmica usando métodos pseudo-estáticos [Usar] **VIII:** Diseñar medidas de estabilización de taludes para modos de falla específicos [Evaluar] **IX:** Implementar sistemas de monitoreo para taludes potencialmente inestables [Usar] **X:** Conducir análisis probabilístico de estabilidad considerando la incertidumbre de los parámetros [Evaluar]

Bibliografía: [Duncan et al., 2014]

5.3 Técnicas de Mejoramiento de Suelos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Métodos de compactación, incluyendo técnicas dinámicas y vibratorias **II:** Columnas de grava y métodos de vibro-sustitución **III:** Precarga y drenes verticales para tratamiento de suelos blandos **IV:** Técnicas de mezcla profunda e inyección a alta presión (jet grouting) **V:** Estabilización química y métodos de inyección

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar métodos apropiados de mejoramiento de suelos para condiciones específicas [Familiarizarse] **II:** Diseñar sistemas de columnas de grava para reducción de asentamientos [Evaluar] **III:** Calcular la reducción del tiempo de consolidación usando drenes verticales [Usar] **IV:** Identificar tipos de geosintéticos y sus aplicaciones ingenieriles [Familiarizarse] **V:** Dimensionar el refuerzo para estructuras de tierra mecánicamente estabilizada [Evaluar]

Bibliografía: [Koerner, 2012, Das, 2019]

6. Bibliografía

[Das, 1983] Das, B. M. (1983). *Fundamentals of Soil Dynamics*. Elsevier.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Duncan et al., 2014] Duncan, J. M., Wright, S. G., and Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. John Wiley & Sons, 2nd edition.

[Koerner, 2012] Koerner, R. M. (2012). *Designing with Geosynthetics*. Xlibris Corporation, 6th edition.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Prakash, 1981] Prakash, S. (1981). *Soil Dynamics*. McGraw-Hill.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)

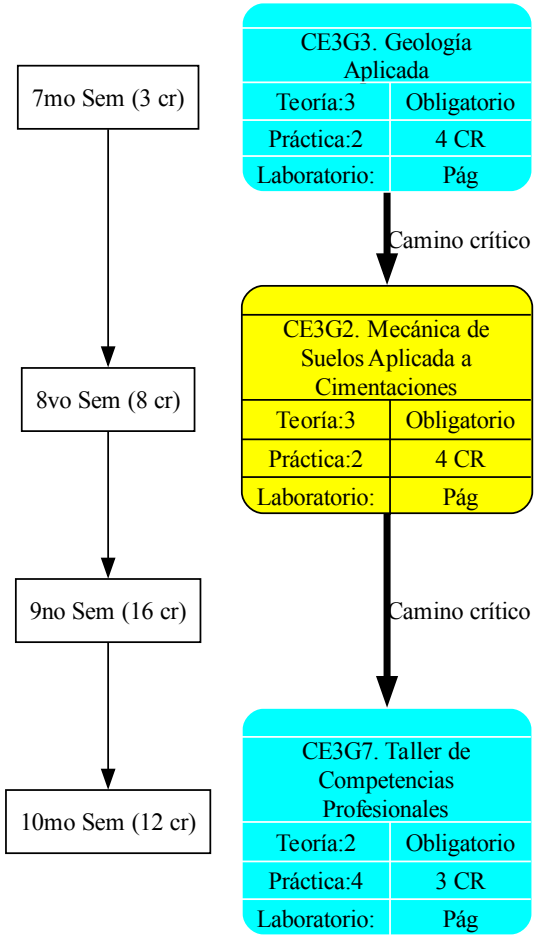


Figura 7.52: Mapa de Conexión. CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones

2. Fundamentación

Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones es una electiva de especialización de la línea de Ingeniería Geotécnica, cursada después de Mecánica de Suelos II, en la cual los temas de diseño de cimentaciones y estabilidad de taludes introducidos allí a nivel de panorama general se revisan con mucha mayor profundidad. El curso se abre con la identificación y clasificación de suelos de cimentación -incluyendo suelos problemáticos como expansivos, colapsables y dispersivos, y rellenos de ingeniería- y los criterios de investigación de sitio requeridos por la Norma E.050 del RNE del Perú. Luego

desarrolla técnicas de mejoramiento del terreno para suelos débiles o propensos a riesgos, extiende la teoría de capacidad portante a perfiles estratificados, terreno inclinado y carga sísmica, y profundiza el diseño de cimentaciones tanto superficiales como profundas, incluyendo ensayos de carga e integridad de pilotes. El curso cierra con el análisis de estabilidad estática y pseudo-estática (sísmica) de taludes. En conjunto, estos temas preparan a los estudiantes para caracterizar condiciones de cimentación difíciles y diseñar el rango completo de soluciones de cimentación que se encuentran en el ejercicio profesional de la geotecnia.

3. Objetivos del curso.

- Clasificar suelos de cimentación a partir de mapas geológicos y datos del subsuelo, e identificar suelos expansivos, colapsables, dispersivos y rellenos de ingeniería y sus implicancias para el diseño de cimentaciones.
- Aplicar los criterios de la Norma E.050 del RNE del Perú para definir la clasificación de suelos de cimentación y los requisitos de investigación geotécnica.
- Seleccionar y diseñar medidas de mejoramiento del terreno para suelos con capacidad portante o características de asentamiento inadecuadas.
- Evaluar la susceptibilidad a la licuefacción de suelos de cimentación usando datos de investigación de campo.
- Diseñar cimentaciones superficiales considerando la capacidad portante en suelos estratificados, terreno inclinado y condiciones de carga sísmica.
- Diseñar cimentaciones profundas (pilotes) e interpretar resultados de ensayos de carga estáticos y dinámicos, y de ensayos de integridad.
- Analizar la estabilidad estática y pseudo-estática (sísmica) de taludes y diseñar medidas de estabilización.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Suelos Problemáticos y Clasificación de Suelos de Cimentación, 17 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de suelos de cimentación y caracterización del sitio a partir de planos geológicos y datos del subsuelo **II:** Clasificación de suelos de cimentación y requisitos de investigación según la Norma E.050 del RNE **III:** Identificación y mineralogía de suelos expansivos (suelos hinchables) **IV:** Ensayos de potencial de expansión y medidas de diseño de cimentación para suelos expansivos **V:** Identificación y comportamiento de suelos colapsables (metaestables) **VI:** Identificación y tratamiento de suelos dispersivos **VII:** Especificación y control de calidad de rellenos de ingeniería para soporte de cimentaciones

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar suelos de cimentación utilizando planos geológicos y datos de investigación del subsuelo [Familiarizarse] **II:** Aplicar los criterios de la Norma E.050 del RNE para clasificar suelos de cimentación y definir los requisitos de investigación [Evaluar] **III:** Identificar suelos expansivos a partir de su mineralogía y datos de ensayos índice [Usar] **IV:** Diseñar cimentaciones para suelos expansivos con base en resultados de ensayos de potencial de expansión [Evaluar] **V:** Reconocer el comportamiento de suelos colapsables y dispersivos a

partir de indicadores de campo y laboratorio [Familiarizarse] **VI:** Especificar los requisitos de relleno de ingeniería para soporte de cimentaciones [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Nelson and Miller, 1992, Ministerio de Vivienda, 2018]

5.2 Ingeniería Geotécnica Sísmica, 3 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo **II:** Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno **III:** Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño **IV:** Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes **V:** Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción **VI:** Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura **VII:** Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio **VIII:** Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas **IX:** Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción **X:** Desplazamiento lateral y fallas por flujo **XI:** Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante **XII:** Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos de suelo [Usar] **II:** Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse] **III:** Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar] **IV:** Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar] **V:** Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar] **VI:** Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse] **VII:** Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar] **VIII:** Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar] **IX:** Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar] **X:** Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar] **XI:** Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar] **XII:** Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]

Bibliografía: [Kramer, 1996, Das, 2019]

5.3 Técnicas de Mejoramiento de Suelos, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Métodos de compactación, incluyendo técnicas dinámicas y vibratorias **II:** Columnas de grava y métodos de vibro-sustitución **III:** Precarga y drenes verticales para tratamiento de suelos blandos **IV:** Técnicas de mezcla profunda e inyección a alta presión (jet grouting) **V:** Estabilización química y métodos de inyección

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar métodos apropiados de mejoramiento de suelos para condiciones específicas [Familiarizarse] **II:** Diseñar sistemas de columnas de grava para reducción de asentamientos [Evaluar] **III:** Calcular la reducción del tiempo de consolidación usando drenes verticales [Usar] **IV:** Identificar tipos de geosintéticos y sus aplicaciones ingenieriles [Familiarizarse] **V:** Dimensionar el refuerzo para estructuras de tierra mecánicamente estabilizada [Evaluar]

Bibliografía: [Koerner, 2012, Das, 2019]

5.4 Capacidad Portante y Diseño, 26 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.5 Cimentaciones Profundas, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de pilotes y métodos de instalación **II:** Capacidad axial de pilotes individuales en suelos cohesivos y granulares **III:** Capacidad a carga lateral y método p-y **IV:** Comportamiento de grupos de pilotes y eficiencia del grupo **V:** Diseño de pilotes perforados y consideraciones de construcción **VI:** Fricción negativa y fuerzas de arrastre hacia abajo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar tipos de pilotes apropiados basándose en condiciones del suelo y cargas [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad axial de pilotes usando métodos estáticos [Evaluar] **III:** Analizar pilotes cargados lateralmente usando curvas p-y [Usar] **IV:** Evaluar la capacidad y asentamiento de grupos de pilotes [Evaluar] **V:** Diseñar cimentaciones con pilotes perforados, incluyendo diámetro y refuerzo del fuste [Usar] **VI:** Interpretar resultados de ensayos de carga en pilotes y verificar supuestos de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.6 Análisis y Estabilización de Taludes, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de taludes infinitos para geometrías simples **II:** Método de las dovelas y análisis de equilibrio límite **III:** Superficies de falla circulares y no circulares **IV:** Determinación del factor de seguridad y criterios de aceptación **V:** Cartas de estabilidad y métodos simplificados **VI:** Tipos de deslizamientos y mecanismos de falla **VII:** Estabilidad sísmica de taludes y análisis pseudo-estático **VIII:** Métodos de estabilización, incluyendo drenaje y refuerzo **IX:** Sistemas de monitoreo y alerta temprana para taludes inestables **X:** Análisis probabilístico de estabilidad de taludes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de estabilidad de taludes infinitos para taludes uniformes [Evaluar] **II:** Aplicar el método de las dovelas para analizar la estabilidad de taludes

[Usar] **III:** Analizar taludes con superficies de falla circulares y no circulares [Evaluar] **IV:** Calcular factores de seguridad e interpretar los resultados [Usar] **V:** Usar cartas de estabilidad para evaluación rápida de taludes [Evaluar] **VI:** Identificar tipos de deslizamientos y sus características distintivas [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la estabilidad sísmica usando métodos pseudo-estáticos [Usar] **VIII:** Diseñar medidas de estabilización de taludes para modos de falla específicos [Evaluar] **IX:** Implementar sistemas de monitoreo para taludes potencialmente inestables [Usar] **X:** Conducir análisis probabilístico de estabilidad considerando la incertidumbre de los parámetros [Evaluar]

Bibliografía: [Duncan et al., 2014]

6. Bibliografía

[Coduto, 2001] Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Duncan et al., 2014] Duncan, J. M., Wright, S. G., and Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. John Wiley & Sons, 2nd edition.

[Koerner, 2012] Koerner, R. M. (2012). *Designing with Geosynthetics*. Xlibris Corporation, 6th edition.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Ministerio de Vivienda, 2018] Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma e.050: Suelos y cimentaciones. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[Nelson and Miller, 1992] Nelson, J. D. and Miller, D. J. (1992). *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*. John Wiley & Sons.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H4 Recursos Hidráulicos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)

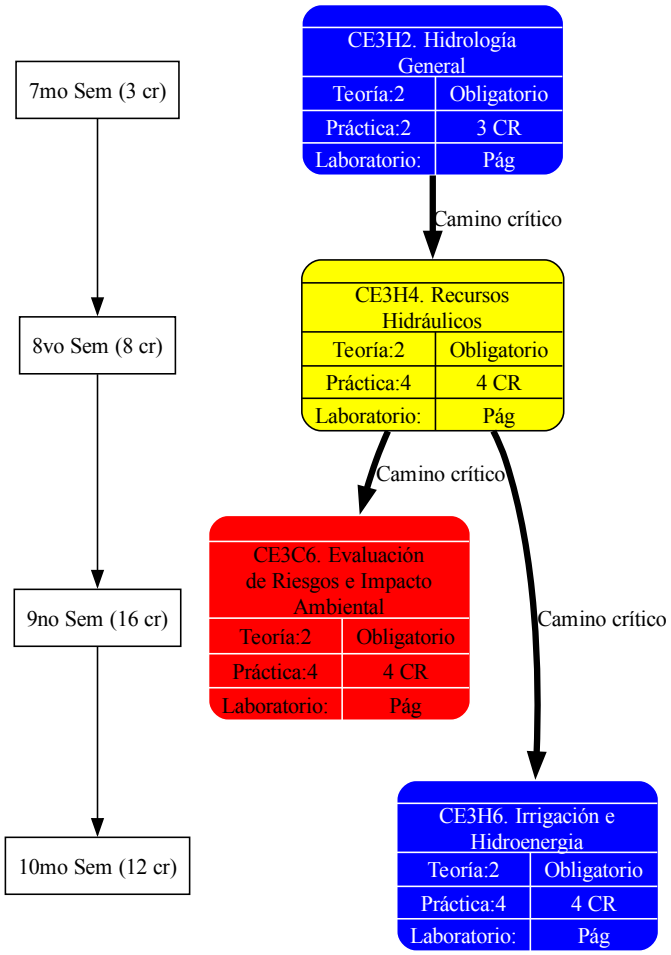


Figura 7.53: Mapa de Conexión. CE3H4 Recursos Hidráulicos

2. Fundamentación

Recursos Hidráulicos aborda la planificación integral de proyectos de aprovechamiento hídrico: desde el análisis de disponibilidad y demanda (riego, uso municipal, energía, navegación, caudal ecológico) y la hidrología subterránea, hasta la formulación y evaluación de proyectos mediante criterios económicos, financieros, ambientales, sociales y multicriterio. El curso cierra con la aplicación de programación lineal y criterios de optimización de sistemas, y con los criterios de operación y el marco normativo nacional que rigen los proyectos de recursos hídricos en el Perú.

3. Objetivos del curso.

- Analizar la disponibilidad y demanda de recursos hídricos para distintos usos, incluyendo el componente de aguas subterráneas.
- Formular proyectos de recursos hídricos definiendo el problema, las alternativas, el cronograma y el presupuesto.
- Evaluar alternativas de proyecto mediante criterios económicos, financieros, ambientales, sociales y multicriterio.
- Aplicar programación lineal y criterios de optimización de sistemas al planeamiento de recursos hídricos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Introducción y Metodología de Análisis de Recursos Hídricos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definiciones y metodología de análisis de proyectos de recursos hídricos. Historia del desarrollo de los recursos hídricos. **II:** Estado situacional de los recursos hídricos en el Perú y el Plan Nacional de Recursos Hídricos. **III:** Manejo de información básica y herramientas de simulación de recursos hídricos.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el marco metodológico general para el análisis de proyectos de recursos hídricos [Familiarizarse]. **II:** Recopilar y organizar la información básica necesaria para un estudio de recursos hídricos [Usar].

Bibliografía: [Loucks and van Beek, 2017]

5.2 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico, 11 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico **II:** Medición y análisis de precipitación **III:** Estimación de evaporación y evapotranspiración **IV:** Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse] **II:** Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar] **III:** Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar] **IV:** Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.3 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas, 9 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario **II:** Modelación de cuencas y simulación hidrológica **III:** Medición de caudal y técnicas de aforo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar] **II:** Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar] **III:** Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.4 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño **II:** Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses **III:** Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar] **II:** Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar] **III:** Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.5 Hidrología Subterránea, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Tipos de acuíferos: confinados, no confinados y semiconfinados **II:** Ley de Darcy aplicada al flujo de agua subterránea y conductividad hidráulica **III:** Hidráulica de pozos: ecuaciones de Theis y Thiem para régimen transitorio y permanente **IV:** Pruebas de bombeo y estimación de parámetros hidrogeológicos (transmisividad, almacenamiento) **V:** Modelación numérica de flujo subterráneo y balance hídrico de acuíferos **VI:** Interacción entre aguas subterráneas y superficiales y uso conjunto de recursos **VII:** Calidad de agua subterránea y transporte básico de contaminantes **VIII:** Diseño y construcción de pozos de abastecimiento **IX:** Gestión sostenible de acuíferos y prevención de sobreexplotación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar tipos de acuíferos y describir sus condiciones de frontera hidráulica [Familiarizarse] **II:** Aplicar la ley de Darcy para calcular caudales y velocidades de flujo subterráneo [Usar] **III:** Resolver las ecuaciones de Theis y Thiem para determinar el abatimiento en pozos de bombeo [Evaluar] **IV:** Estimar parámetros hidrogeológicos a partir de datos de pruebas de bombeo [Usar] **V:** Modelar el balance hídrico de un acuífero y evaluar escenarios de explotación [Evaluar] **VI:** Diseñar un pozo de abastecimiento considerando las características del acuífero [Usar] **VII:** Evaluar la sostenibilidad de la explotación de un acuífero y proponer medidas de gestión [Evaluar]

Bibliografía: [Fetter, 2001]

5.6 Planificación del Alcance y los Requisitos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Técnicas de recopilación de requisitos para enfoques predictivos y adaptativos **II:** Definición del alcance: declaración del alcance del proyecto vs. backlog del producto según el enfoque **III:** Trazabilidad de requisitos: vincular los requisitos con los resultados en todos los enfoques **IV:** Descomposición del alcance: WBS para enfoques predictivos, estructuración del backlog para adaptativos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir el alcance del proyecto y del producto utilizando técnicas apropiadas al enfoque de desarrollo seleccionado [Usar] **II:** Comparar los enfoques de planificación del alcance en contextos de desarrollo predictivo y adaptativo [Evaluar] **III:** Design a requirements traceability approach ensuring all deliverables are linked to stated stakeholder needs [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.7 Planificación del Cronograma, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Técnicas de estimación de actividades: análogo, paramétrico, tres puntos y puntos de historia **II:** Desarrollo del cronograma: ruta crítica para enfoques predictivos, planificación de sprints y releases para adaptativos **III:** Incorporar flexibilidad en el cronograma: reservas, contingencias y capacidad de iteración **IV:** Línea base del cronograma en enfoques predictivos vs. hoja de ruta de releases en adaptativos: comparación y uso

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar un cronograma del proyecto apropiado al enfoque de desarrollo seleccionado [Usar] **II:** Comparar las prácticas de programación en entornos de proyecto predictivos y adaptativos [Evaluar] **III:** Evaluate a project schedule for realism, buffer adequacy, and alignment with scope and resource constraints [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.8 Planificación de Costos y Presupuesto, 1 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Técnicas de estimación de costos: análoga, paramétrica, ascendente y de tres puntos **II:** Estructura del presupuesto: línea base de costos, reservas de contingencia y reservas de gestión **III:** Planificación de costos en entornos adaptativos: presupuestación de capacidad fija y costo por iteración **IV:** Establishing and maintaining the cost performance baseline and managing reserve drawdown

Objetivos de Aprendizaje **I:** Estimar los costos del proyecto y desarrollar un presupuesto utilizando técnicas apropiadas [Usar] **II:** Adaptar las prácticas de planificación de costos para entornos de proyecto adaptativos e híbridos [Evaluar] **III:** Evaluate the adequacy of a project budget including contingency and management reserves [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021, Blank and Tarquin, 2017]

5.9 Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Indicadores económicos de evaluación: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo **II:** Selección de alternativas de proyecto mediante comparación de indicadores económicos **III:** Análisis de sensibilidad ante variaciones de costos, beneficios y tasa de descuento **IV:** Fuentes de financiamiento y estructuración financiera de proyectos hídricos **V:** Capacidad de pago de los usuarios y esquemas tarifarios **VI:** Repartición de costos entre beneficiarios en proyectos de propósito múltiple **VII:** Evaluación social de proyectos: teoría del intercambio y precios sociales **VIII:** Impactos distributivos y equidad en la evaluación social de proyectos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el VAN, la TIR y la relación Beneficio-Costo de un proyecto de recursos hídricos [Usar] **II:** Seleccionar entre alternativas de proyecto con base en indicadores económicos comparados [Evaluar] **III:** Realizar un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de un proyecto ante cambios en sus variables clave [Usar] **IV:** Evaluar fuentes de financiamiento

y esquemas tarifarios en función de la capacidad de pago de los usuarios [Evaluar] **V:** Repartir costos entre beneficiarios en un proyecto de propósito múltiple [Usar] **VI:** Aplicar principios de evaluación social para estimar el beneficio neto de un proyecto para la sociedad [Evaluar]

Bibliografía: [Blank and Tarquin, 2017]

5.10 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.11 Suma Ponderada y Métodos de Puntuación, 3 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Modelo de suma ponderada (SAW): normalización de criterios, asignación de pesos y agregación **II:** Métodos de elicitación de pesos: asignación directa, centroide de rangos y pesos de oscilación **III:** Modelo de producto ponderado y su ventaja para criterios en escala de razón **IV:** Método VIKOR: clasificación de compromiso basada en la cercanía al ideal y la máxima utilidad de grupo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar el modelo de suma ponderada para clasificar alternativas y realizar análisis de sensibilidad sobre los pesos [Usar] **II:** Elicitar pesos de criterios usando pesos de oscilación o centroide de rangos y justificar el método elegido [Usar] **III:** Comparar las clasificaciones de suma ponderada y VIKOR y explicar las diferencias debidas al enfoque de agregación [Evaluar]

Bibliografía: [Triantaphyllou, 2000]

5.12 Formulación y Modelado de PL, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Variables de decisión, función objetivo (minimización y maximización) y tipos de restricciones **II:** Formas estándar y canónica de una PL: conversión de desigualdades a igualdades y restricciones de no negatividad **III:** Patrones comunes de modelado en PL: asignación de recursos, mezcla, planificación de producción y problemas de dieta **IV:** Modelado con restricciones blandas: métodos de penalización y relajación de metas en formulaciones de PL

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular un modelo de programación lineal a partir de una descripción verbal del problema, identificando variables, objetivo y restricciones [Usar] **II:** Convertir una PL entre sus formas de desigualdad, igualdad (estándar) y canónica [Usar] **III:** Evaluar la adecuación de un modelo de PL e identificar errores de modelado o supuestos de linealización inapropiados [Evaluar]

Bibliografía: [Hillier and Lieberman, 2021]

5.13 Criterios de Operación y Marco Normativo, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Criterios de operación de sistemas de aprovechamiento hidráulico. **II:** Marco normativo nacional de recursos hídricos (Ley de Recursos Hídricos y su reglamento).

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar criterios de operación a un sistema de aprovechamiento hidráulico [Usar]. **II:** Identificar el marco normativo nacional aplicable a un proyecto de recursos hídricos [Familiarizarse].

Bibliografía: [del Agua (ANA), 2016]

6. Bibliografía

[Blank and Tarquin, 2017] Blank, L. and Tarquin, A. (2017). *Engineering Economy*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Chow et al., 1988] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

[del Agua (ANA), 2016] del Agua (ANA), A. N. (2016). Ley de recursos hídricos, ley n.° 29338, y su reglamento. Technical report, Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.

[Fetter, 2001] Fetter, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology*. Prentice Hall, 4th edition.

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

[Hillier and Lieberman, 2021] Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, 11th edition.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Project Management Institute, 7th edition.

[Loucks and van Beek, 2017] Loucks, D. P. and van Beek, E. (2017). *Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models, and Applications*. Springer, 2nd edition.

[Triantaphyllou, 2000] Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Springer.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)
  - CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)

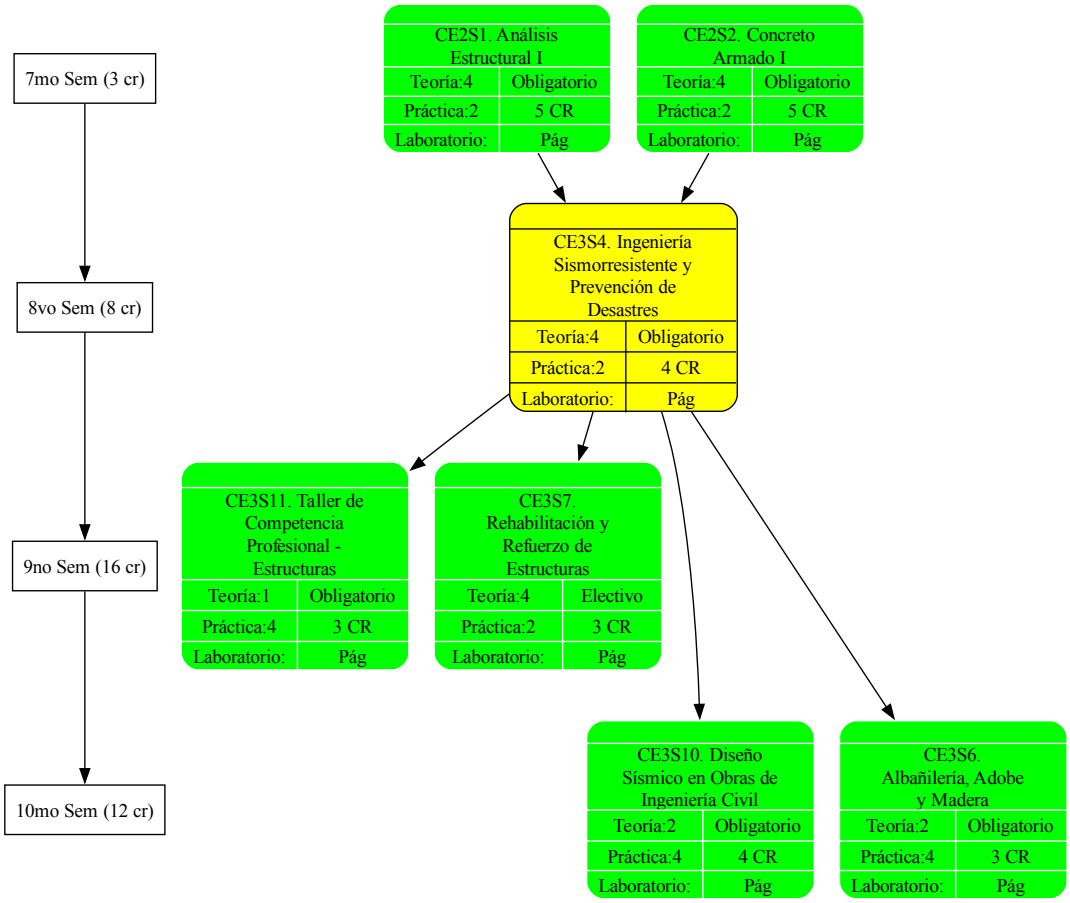


Figura 7.54: Mapa de Conexión. CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres

2. Fundamentación

La Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres introduce los fundamentos sismológicos y normativos requeridos para diseñar estructuras civiles sismorresistentes en el entorno altamente sísmico del Perú. Los estudiantes comienzan con los fundamentos de sismología y tectónica de placas, la tipología de desastres naturales y la gestión del riesgo de desastres, antes de estudiar la norma peruana de diseño sismorresistente (E.030) y los criterios de configuración estructural — regularidad, redundancia y control torsional — que rigen la disposición de edificios sismorresistentes. El curso cierra

con la dinámica estructural: desde la teoría de vibración de sistemas de uno y múltiples grados de libertad hasta el análisis de espectro de respuesta y modal, proporcionando la base analítica para el diseño sísmico de estructuras de edificaciones.

3. Objetivos del curso.

- Explicar el origen sismológico de los terremotos y la tipología y gestión del riesgo de desastres naturales relevantes para la práctica de la ingeniería civil en el Perú.
- Aplicar la norma peruana de diseño sismorresistente (E.030) para determinar los parámetros de peligro sísmico y seleccionar un sistema estructural apropiado.
- Aplicar criterios de configuración estructural para identificar y evitar irregularidades en planta y elevación en el diseño sismorresistente de un edificio.
- Analizar la respuesta dinámica de sistemas estructurales de uno y múltiples grados de libertad sometidos a movimiento sísmico del terreno.
- Aplicar el método de espectro de respuesta modal para determinar las fuerzas y desplazamientos sísmicos de diseño de sistemas estructurales de edificaciones.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Sismología y Desastres Naturales, 17 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Tectónica de placas y mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla **II:** Ondas sísmicas: tipos (P, S, superficiales) y su propagación **III:** Escalas de magnitud (momento sísmico) e intensidad sísmica (Mercalli Modificada) **IV:** Sismicidad histórica y contexto tectónico de subducción del Perú **V:** Tipología de desastres naturales: sísmicos, volcánicos, tsunamis y movimientos en masa **VI:** Gestión del riesgo de desastres: prevención, mitigación, preparación y respuesta (marco SINAGERD) **VII:** Instrumentación sismológica: sismógrafos, acelerógrafos y redes nacionales de monitoreo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la tectónica de placas y los mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla [Familiarizarse] **II:** Diferenciar los tipos de ondas sísmicas y sus efectos sobre las edificaciones [Usar] **III:** Interpretar y distinguir las escalas de magnitud e intensidad sísmica [Usar] **IV:** Describir la sismicidad histórica y el contexto de subducción del Perú [Familiarizarse] **V:** Clasificar los principales tipos de desastres naturales que afectan al territorio peruano [Familiarizarse] **VI:** Analizar el marco de gestión del riesgo de desastres para la prevención y respuesta ante sismos [Evaluar]

Bibliografía: [Bolt, 2005, Kramer, 1996]

5.2 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración, 11 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Alcance y estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 **II:** Parámetros de peligro sísmico: zonificación (Z), factor de uso (U) y perfil de suelo (S) **III:** Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) **IV:** Irregularidades estructurales en planta: torsional, esquinas entrantes y discontinuidad de diafragma **V:** Irregularidades

estructurales en altura: piso blando, piso débil e irregularidad de masa **VI:** Principios de estructuración: simetría, redundancia, hiperestaticidad y continuidad **VII:** Fuerza cortante mínima en la base y límites de distorsión de entrepiso

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar el alcance y la estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 [Familiarizarse] **II:** Determinar los parámetros de peligro sísmico (Z, U, S) aplicables a un sitio dado [Usar] **III:** Seleccionar el sistema estructural y el coeficiente de reducción R correspondiente [Usar] **IV:** Clasificar las irregularidades estructurales en planta y en altura de una edificación [Evaluar] **V:** Aplicar los principios de estructuración para proponer una configuración estructural regular [Usar] **VI:** Verificar el cortante mínimo en la base y los límites de distorsión de entrepiso [Evaluar]

Bibliografía: [Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vi Bazán and Meli, 2002]

5.3 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente, 56 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Sistemas de un grado de libertad y vibración libre **II:** Vibración forzada y excitación armónica **III:** Modelos de amortiguamiento y mecanismos de disipación de energía **IV:** Análisis del espectro de respuesta **V:** Características del movimiento sísmico del terreno y sismicidad **VI:** Sistemas de múltiples grados de libertad y análisis modal **VII:** Análisis de historia de tiempos y métodos de integración numérica **VIII:** Filosofía del diseño sísmico y principios de diseño por capacidad **IX:** Aislamiento sísmico y dispositivos de disipación de energía **X:** Metodología de diseño sísmico basado en desempeño

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar vibración libre de sistemas de un grado de libertad y determinar frecuencias naturales [Evaluar] **II:** Calcular la respuesta estructural a cargas armónicas y periódicas [Usar] **III:** Explicar el rol del amortiguamiento en la reducción de la respuesta dinámica [Familiarizarse] **IV:** Aplicar el método del espectro de respuesta para análisis sísmico [Usar] **V:** Interpretar parámetros del movimiento sísmico del terreno y mapas de amenaza sísmica [Familiarizarse] **VI:** Realizar análisis modal para sistemas de múltiples grados de libertad [Evaluar] **VII:** Conducir análisis de historia de tiempos usando técnicas de integración numérica [Usar] **VIII:** Diseñar estructuras siguiendo principios de diseño por capacidad y detalles dúctiles [Evaluar] **IX:** Evaluar la efectividad de sistemas de aislamiento sísmico y amortiguamiento [Familiarizarse] **X:** Implementar procedimientos de diseño sísmico basado en desempeño [Evaluar]

Bibliografía: [Chopra, 2017]

6. Bibliografía

[Bazán and Meli, 2002] Bazán, E. and Meli, R. (2002). *Diseño Sísmico de Edificios*. Editorial Limusa.

[Bolt, 2005] Bolt, B. A. (2005). *Earthquakes*. W.H. Freeman, 5th edition.

[Chopra, 2017] Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, 2018] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma técnica e.030: Diseño sismorresistente. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S5 Puentes y Obras de Arte (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)
  - CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)

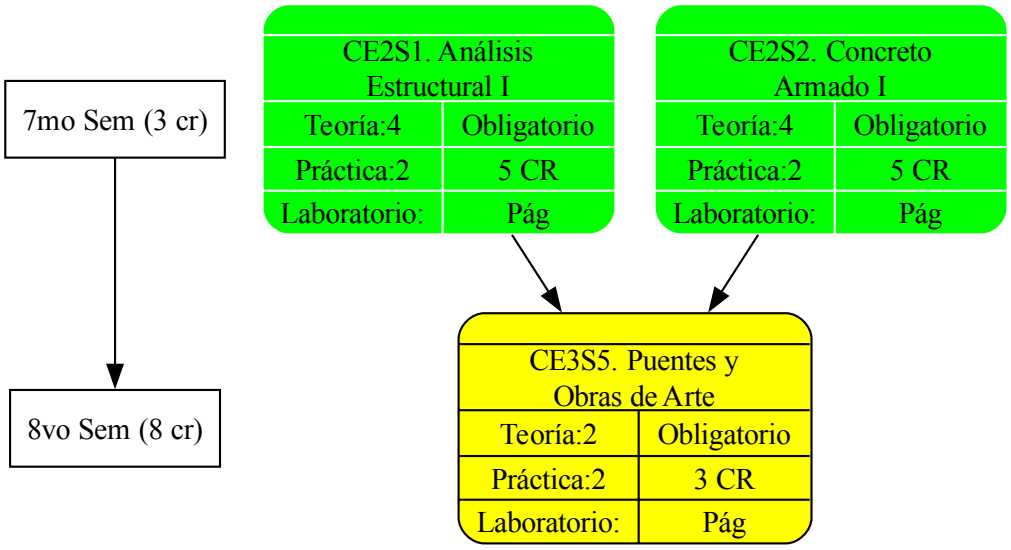


Figura 7.55: Mapa de Conexión. CE3S5 Puentes y Obras de Arte

2. Fundamentación

Puentes y Estructuras introduce los fundamentos de la ingeniería de puentes, desde la planificación conceptual y la selección de tipología hasta el análisis estructural y el diseño de superestructuras y subestructuras de puentes carreteros según las Especificaciones de Diseño AASHTO LRFD para Puentes. Partiendo del análisis estructural y el diseño de concreto armado, los estudiantes aprenden los estudios básicos de sitio y diseño requeridos para un proyecto de puente, las cargas y combinaciones de cargas que rigen el diseño de puentes, métodos aproximados y refinados para analizar superestructuras de losa y viga, y el diseño a flexión y cortante de elementos de superestructura de concreto armado, concreto presforzado, acero compuesto y armaduras. El curso también cubre el diseño de apoyos de puente, estribos y cimentaciones, y cierra con una introducción a la gestión de activos de carreteras y puentes, proporcionando la base de diseño requerida para la práctica profesional en ingeniería de puentes.

3. Objetivos del curso.

- Identificar los estudios básicos, especificaciones de diseño, consideraciones estéticas y factores de selección de tipología involucrados en un proyecto de puente.
- Determinar las cargas, modelos de carga y combinaciones de cargas que rigen el diseño de puentes carreteros según AASHTO LRFD.

- Modelar y analizar superestructuras de puentes utilizando métodos refinados y aproximados para sistemas de losa y viga.
- Diseñar elementos de superestructura de puentes de concreto armado, concreto presforzado y acero compuesto para flexión y cortante según AASHTO LRFD.
- Diseñar elementos de armaduras de puente sometidos a flexión y fuerza axial combinadas, y diseñar apoyos de puente, estribos y cimentaciones.
- Reconocer los fundamentos de la gestión de activos de carreteras y puentes para la operación y conservación de la infraestructura vial.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Superestructura de Puentes, 36 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de puentes, componentes y sistemas estructurales **II:** Modelos de carga y combinaciones de carga para diseño de puentes **III:** Diseño de puentes losa de concreto y puentes de vigas en T **IV:** Diseño de puentes de vigas de acero y losas de cubierta mixta **V:** Puentes de vigas de concreto pretensado **VI:** Análisis de puentes de viga cajón y puentes curvos **VII:** Consideraciones para el diseño de puentes reticulados con elementos sometidos a flexión y fuerza axial combinadas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar tipos de puentes y seleccionar sistemas apropiados para condiciones de sitio dadas [Familiarizarse] **II:** Aplicar modelos de carga AASHTO y determinar combinaciones de carga críticas [Usar] **III:** Diseñar puentes losa de concreto armado y superestructuras de vigas en T [Evaluar] **IV:** Dimensionar vigas de acero y diseñar sistemas de cubierta mixta [Evaluar] **V:** Analizar y diseñar puentes de vigas de concreto pretensado [Evaluar] **VI:** Modelar puentes de viga cajón y analizar efectos de alineamiento curvo [Usar] **VII:** Diseñar elementos de puentes reticulados sometidos a flexotracción y flexocompresión [Usar]

Bibliografía: [Barker and Puckett, 2013, AASHTO, 2020, Chen and Duan, 2014]

5.2 Infraestructura de Puentes, Evaluación y Sistemas Especiales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Diseño de infraestructura, incluyendo estribos y pilas **II:** Conceptos de puentes atirantados y colgantes **III:** Apoyos, juntas de dilatación y detalles de la cubierta del puente **IV:** Evaluación de carga y procedimientos de calificación de puentes **V:** Diseño sísmico de puentes y sistemas de aislamiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar estribos y pilas de puentes para cargas verticales y laterales [Usar] **II:** Explicar el comportamiento estructural de sistemas de puentes atirantados o colgantes [Familiarizarse] **III:** Seleccionar y diseñar apoyos de puentes y sistemas de juntas de dilatación [Evaluar] **IV:** Realizar análisis de calificación de carga para puentes existentes [Usar] **V:** Implementar criterios de diseño sísmico para estructuras de puentes [Evaluar]

Bibliografía: [Barker and Puckett, 2013, AASHTO, 2020]

5.3 Gestión de Activos Viales y de Puentes, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Inventario, inspección y evaluación de la condición de carreteras y puentes **II:** Índices de condición, modelos de deterioro y criterios de priorización para programas de mantenimiento y rehabilitación **III:** Análisis de costo del ciclo de vida y presupuesto para la conservación de redes viales y de puentes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los fundamentos de un sistema de gestión de activos de infraestructura para carreteras y puentes [Familiarizarse] **II:** Aplicar índices de condición y criterios de priorización para planificar acciones de mantenimiento y rehabilitación en una red vial o de puentes [Usar] **III:** Analizar el costo del ciclo de vida para presupuestar programas de conservación de infraestructura vial y de puentes [Evaluar]

Bibliografía: [Hudson et al., 1997]

6. Bibliografía

[AASHTO, 2020] AASHTO (2020). Aashto lrfd bridge design specifications. Technical report, American Association of State Highway and Transportation Officials.

[Barker and Puckett, 2013] Barker, R. M. and Puckett, J. A. (2013). *Design of Highway Bridges: An LRFD Approach*. Wiley, 3rd edition.

[Chen and Duan, 2014] Chen, W.-F. and Duan, L., editors (2014). *Bridge Engineering Handbook*. CRC Press, 2nd edition.

[Hudson et al., 1997] Hudson, W. R., Haas, R., and Uddin, W. (1997). *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*. McGraw-Hill.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T1 Fotogrametría Aérea (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)

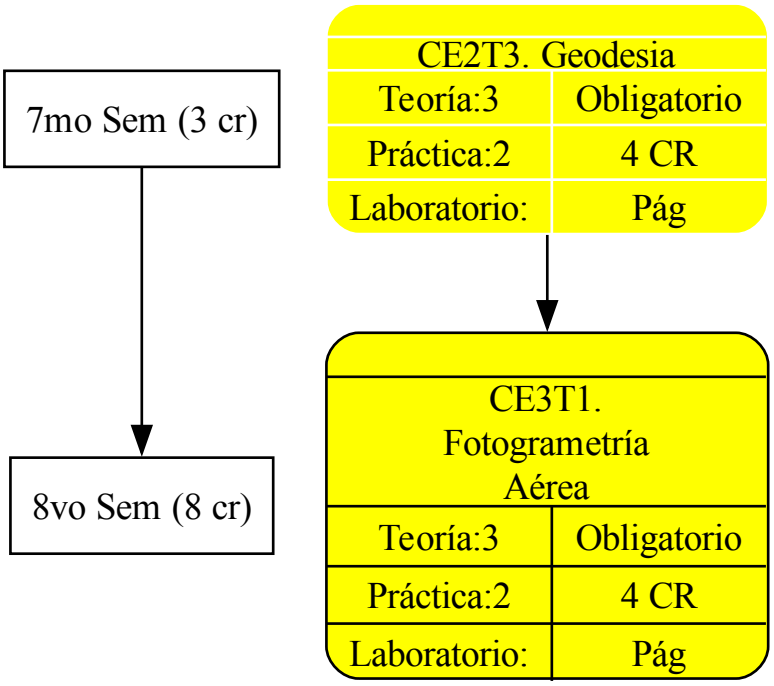


Figura 7.56: Mapa de Conexión. CE3T1 Fotogrametría Aérea

2. Fundamentación

Fotogrametría Aérea es el curso de geomática de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG), que se apoya en los fundamentos de geodesia satelital establecidos en Geodesia (Geodesia Satelital) para abordar la extracción de medidas geométricas a partir de imágenes aéreas y de UAV para proyectos de ingeniería civil. El curso desarrolla primero los fundamentos fotogramétricos de la geometría de cámara, la visión estereoscópica y la planificación del vuelo y la adquisición; luego cubre la orientación interior/exterior, el ajuste por haces y los procedimientos de georreferenciación basados en puntos de control terrestre que amarran geométricamente las imágenes fotogramétricas mediante triangulación aérea; después aborda el procesamiento y generación de productos fotogramétricos digitales (modelos digitales de elevación/superficie, ortofotos y nubes de puntos densas), junto con los procedimientos de evaluación de exactitud y control de calidad usados para validarlos; y cierra con la adquisición fotogramétrica de UAV y de corto alcance, y su interpretación y aplicación a proyectos de ingeniería civil.

3. Objetivos del curso.

- Explicar la geometría de cámara, el modelo de formación de imagen por proyección central y la visión estereoscópica, y planificar un vuelo fotogramétrico aéreo o de UAV con el solape, altura de vuelo y escala de imagen apropiados.
- Seleccionar y distribuir puntos de control terrestre, y realizar la orientación interior y exterior y la triangulación aérea para georreferenciar un bloque de imágenes fotogramétricas.
- Generar modelos digitales de elevación/superficie, ortofotos y nubes de puntos densas a partir de imágenes fotogramétricas orientadas, incluyendo flujos de trabajo de Structure-from-Motion.
- Evaluar la exactitud de los productos fotogramétricos digitales contra verdad de campo y aplicar criterios de control de calidad a un proyecto fotogramétrico.
- Planificar y ejecutar una misión fotogramétrica con UAV, seleccionando sensores y cargas útiles apropiados y cumpliendo con la normativa de vuelo aplicable.
- Aplicar técnicas fotogramétricas de corto alcance y de UAV para documentar estructuras, e interpretar productos fotogramétricos en aplicaciones de ingeniería civil.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos Fotogramétricos, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Geometría de cámara: distancia focal, punto principal y distorsión del lente **II:** El modelo de formación de la imagen por proyección central **III:** Visión estereoscópica y medición de paralaje **IV:** Planificación de vuelo: solape, altura de vuelo y disposición de franjas **V:** Determinación de la escala de imagen y su relación con la altura de vuelo y la distancia focal

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la geometría de cámara y el modelo de formación de imagen por proyección central [Familiarizarse] **II:** Medir el paralaje en un par estereoscópico para determinar la elevación relativa [Usar] **III:** Planificar un vuelo fotográfico aéreo con el solape y la altura de vuelo apropiados [Evaluar] **IV:** Calcular la escala de imagen a partir de la altura de vuelo y la distancia focal de la cámara [Usar] **V:** Identificar los efectos de la distorsión del lente y su corrección [Familiarizarse]

Bibliografía: [Wolf et al., 2014]

5.2 Triangulación Aérea y Georreferenciación, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Selección, medición y distribución de puntos de control terrestre **II:** Orientación interior y parámetros de calibración de cámara **III:** Orientación exterior y determinación de posición/actitud de la cámara **IV:** Ajuste de haces para la orientación simultánea de múltiples imágenes **V:** Flujo de triangulación aérea para bloques grandes de imágenes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar y distribuir puntos de control terrestre para un proyecto fotogramétrico [Usar] **II:** Explicar la orientación interior y el rol de los parámetros de calibración de cámara [Familiarizarse] **III:** Determinar los parámetros de orientación exterior de una imagen

adquirida [Evaluar] **IV:** Realizar un ajuste de haces sobre un bloque de imágenes solapadas [Evaluar] **V:** Ejecutar un flujo de triangulación aérea para un bloque grande de imágenes [Usar]

Bibliografía: [Wolf et al., 2014, McGlone et al., 2013]

5.3 Productos Fotogramétricos Digitales, 18 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: I: Generación de Modelos Digitales de Elevación/Superficie (DEM/DSM) a partir de imágenes estereoscópicas **II:** Producción y mosaico de ortofotos **III:** Generación de nubes de puntos densas a partir del emparejamiento fotogramétrico de imágenes **IV:** Flujos de Structure-from-Motion (SfM) para conjuntos de imágenes no ordenadas **V:** Evaluación de la precisión de productos fotogramétricos digitales contra verdad de campo

Objetivos de Aprendizaje I: Generar un modelo digital de elevación/superficie a partir de imágenes estereoscópicas [Usar] **II:** Producir y realizar el mosaico de una ortofoto a partir de imágenes orientadas [Evaluar] **III:** Generar una nube de puntos densa a partir del emparejamiento fotogramétrico de imágenes [Usar] **IV:** Aplicar un flujo de Structure-from-Motion a un conjunto de imágenes no ordenadas [Evaluar] **V:** Evaluar la precisión de un producto fotogramétrico digital contra verdad de campo [Evaluar]

Bibliografía: [Linder, 2016, McGlone et al., 2013]

5.4 Fotogrametría UAV y de Corto Alcance, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Planificación de misión UAV: rutas de vuelo, solape y distancia de muestreo en el terreno **II:** Sensores y cargas útiles de UAV para la adquisición fotogramétrica **III:** Aplicaciones de fotogrametría de corto alcance (p. ej. documentación de fachadas/estructuras) **IV:** Consideraciones regulatorias para operaciones de levantamiento con UAV **V:** Flujos de procesamiento fotogramétrico UAV de extremo a extremo

Objetivos de Aprendizaje I: Planificar una misión fotogramétrica UAV con el solape y la distancia de muestreo en el terreno apropiados [Usar] **II:** Seleccionar sensores y cargas útiles de UAV apropiados para una tarea fotogramétrica [Familiarizarse] **III:** Aplicar técnicas fotogramétricas de corto alcance para documentar una estructura [Evaluar] **IV:** Cumplir con las regulaciones aplicables de operación de levantamiento con UAV [Familiarizarse] **V:** Ejecutar un flujo de procesamiento fotogramétrico UAV de extremo a extremo [Usar]

Bibliografía: [Colomina and Molina, 2014, McGlone et al., 2013]

6. Bibliografía

[Colomina and Molina, 2014] Colomina, I. and Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92:79–97.

[Linder, 2016] Linder, W. (2016). *Digital Photogrammetry: A Practical Course*. Springer, 4th edition.

[McGlone et al., 2013] McGlone, J. C., Mikhail, E. M., and Bethel, J. (2013). Manual of photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 6th edition.

[Wolf et al., 2014] Wolf, P. R., Dewitt, B. A., and Wilkinson, B. E. (2014). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. McGraw-Hill Education, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)

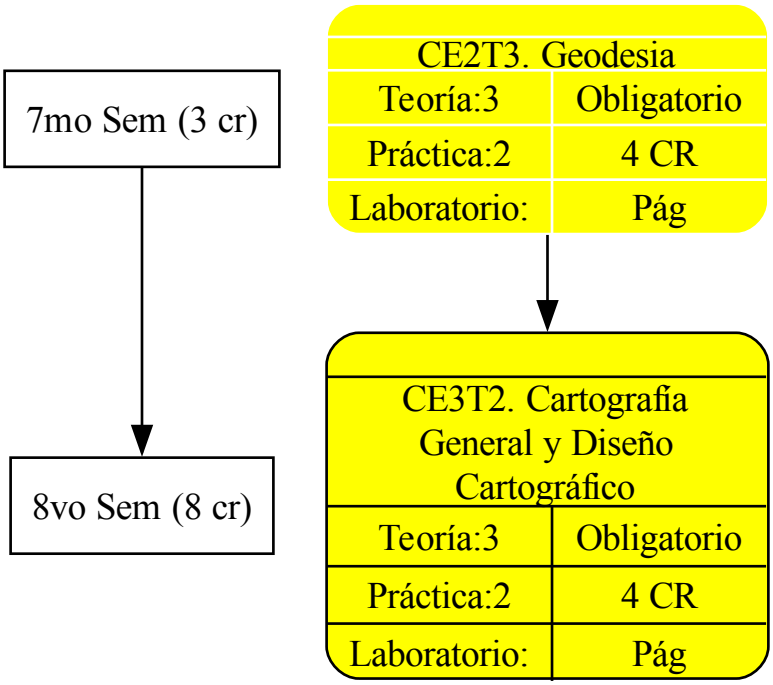


Figura 7.57: Mapa de Conexión. CE3T2 Cartografía General y Diseño Cartográfico

2. Fundamentación

Cartografía General y Diseño Cartográfico es el curso de cartografía de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG), que se apoya en los sistemas de referencia geodésicos establecidos en Geodesia —y específicamente en la geodesia satelital— para abordar cómo se proyecta, modela y comunica como mapa la superficie curva de la Tierra. El curso desarrolla primero la teoría de proyecciones cartográficas, el sistema UTM y las convenciones de cuadrículas locales, así como las propiedades de distorsión y los criterios de selección que determinan qué proyección es adecuada para un propósito y una extensión de mapeo determinados. Luego cubre los modelos de datos vectoriales y raster, los estándares nacionales de cartografía y la infraestructura de datos espaciales, y los servicios de mapas web y teselas (tiles) que sustentan los productos cartográficos digitales modernos, junto con las prácticas de interoperabilidad de datos y control de calidad que los respaldan. El curso continúa con los principios del diseño cartográfico —composición del mapa, simbolización, generalización a través de escalas, y el uso del color y la jerarquía visual— empleados para comunicar eficazmente la información

espacial. Cierra con la producción de series de cartas topográficas y mapas temáticos aplicados a la práctica de la ingeniería civil, y con la evaluación de la calidad y aptitud de un producto cartográfico terminado mediante pruebas de precisión posicional y documentación de metadatos.

3. Objetivos del curso.

- Explicar la teoría de proyecciones cartográficas y aplicar el sistema UTM y las convenciones de cuadrículas locales, seleccionando una proyección adecuada para un propósito y una extensión geográfica de mapeo determinados.
- Aplicar estándares nacionales de cartografía y especificaciones de infraestructura de datos espaciales, distinguir los modelos de datos vectoriales y raster, y publicar datos cartográficos como un mapa web o servicio de teselas (tiles) verificando la interoperabilidad de los datos.
- Componer el diseño de un mapa y diseñar la simbolización, el color y la jerarquía visual de elementos puntuales, lineales y de área, generalizando el contenido del mapa de forma adecuada para una escala objetivo.
- Producir series de cartas topográficas y mapas temáticos aplicados a la práctica de la ingeniería civil, siguiendo un flujo de trabajo de producción cartográfica digital definido.
- Evaluar un producto cartográfico frente a un estándar de precisión posicional aplicable y documentar sus metadatos para evaluar su calidad y aptitud de uso.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Teoría de proyecciones cartográficas: superficies desarrollables y familias de proyección **II:** El sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) y sus convenciones de zona **III:** Distorsión de proyección: propiedades conforme, de área equivalente y equidistante **IV:** Sistemas de cuadrícula locales y nacionales derivados de una proyección base **V:** Criterios para seleccionar una proyección cartográfica según el propósito y la extensión del mapeo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la teoría de proyecciones cartográficas y las ventajas/desventajas entre familias de proyección [Familiarizarse] **II:** Aplicar las convenciones de zona del sistema UTM a un proyecto de mapeo [Usar] **III:** Evaluar las características de distorsión de una proyección dada para una tarea de mapeo [Evaluar] **IV:** Derivar un sistema de cuadrícula local a partir de una proyección base nacional [Usar] **V:** Seleccionar una proyección cartográfica apropiada para un propósito y una extensión geográfica dados [Evaluar]

Bibliografía: [Snyder, 1987, Iliffe and Lott, 2008]

5.2 Modelos de Datos y Estándares Cartográficos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Modelos de datos vectoriales y raster para productos cartográficos **II:** Estándares de mapeo nacional e infraestructura de datos espaciales (p. ej. la IDEP del Perú) **III:** Servicios de

mapas web y estándares de entrega de mapas basados en teselas **IV:** Estándares de interoperabilidad para el intercambio de datos cartográficos **V:** Procedimientos de control de calidad para la producción de datos cartográficos

Objetivos de Aprendizaje I: Distinguir los modelos de datos vectoriales de los raster e identificar cuándo es apropiado cada uno para un producto cartográfico [Familiarizarse] **II:** Aplicar un estándar de mapeo nacional o una especificación de infraestructura de datos espaciales a un proyecto de mapeo [Usar] **III:** Publicar un producto cartográfico como mapa web o servicio de teselas [Usar] **IV:** Verificar la interoperabilidad de datos al intercambiar datos cartográficos entre sistemas [Evaluar] **V:** Realizar control de calidad sobre un flujo de producción de datos cartográficos [Evaluar]

Bibliografía: [Longley et al., 2015]

5.3 Diseño Cartográfico y Generalización, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Elementos de composición del mapa: título, leyenda, escala, norte y diagramación **II:** Simbolización de elementos puntuales, lineales y de área **III:** Generalización cartográfica: simplificación, selección y exageración a través de escalas **IV:** Selección de la escala del mapa y su relación con el detalle y la generalización **V:** Teoría del color y jerarquía visual en el diseño de mapas

Objetivos de Aprendizaje I: Componer la diagramación de un mapa con los elementos apropiados de título, leyenda, escala y norte [Usar] **II:** Diseñar la simbolización de elementos puntuales, lineales y de área en un mapa [Evaluar] **III:** Generalizar el contenido de un mapa apropiadamente para una escala objetivo [Evaluar] **IV:** Seleccionar una escala de mapa apropiada para un propósito y nivel de detalle dados [Familiarizarse] **V:** Aplicar la teoría del color y los principios de jerarquía visual para mejorar la legibilidad del mapa [Usar]

Bibliografía: [Robinson et al., 1995]

5.4 Cartografía Topográfica y Temática, 30 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Convenciones de series de mapas topográficos y cuadrículas de mapeo nacional (p. ej. la Carta Nacional del Perú) **II:** Tipos de mapas temáticos: coropléticos, de isolíneas, de puntos y de símbolos proporcionales **III:** Flujos de producción cartográfica digital **IV:** Estándares de precisión del mapa y pruebas de precisión posicional **V:** Documentación de metadatos cartográficos

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las convenciones de series de mapas topográficos y los sistemas de cuadrícula de mapeo nacional [Familiarizarse] **II:** Seleccionar un tipo de mapa temático apropiado para un conjunto de datos y mensaje dados [Usar] **III:** Producir un producto cartográfico digital siguiendo un flujo de producción definido [Usar] **IV:** Evaluar un producto cartográfico contra un estándar de precisión posicional aplicable [Evaluar] **V:** Documentar los metadatos de un producto cartográfico [Familiarizarse]

Bibliografía: [Slocum et al., 2022]

6. Bibliografía

[Iliffe and Lott, 2008] Iliffe, J. and Lott, R. (2008). *Datums and Map Projections for Remote Sensing, GIS and Surveying*. Whittles Publishing, 2nd edition.

[Longley et al., 2015] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., and Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. Wiley, 4th edition.

[Robinson et al., 1995] Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., and Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography*. Wiley, 6th edition.

[Slocum et al., 2022] Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., and Howard, H. H. (2022). *Thematic Cartography and Geovisualization*. CRC Press, 4th edition.

[Snyder, 1987] Snyder, J. P. (1987). Map projections: A working manual. Technical report, U.S. Geological Survey, Professional Paper 1395.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T3 Sistemas de Información Geográfica (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T3 Geodesia (7mo Sem-Pág 450)

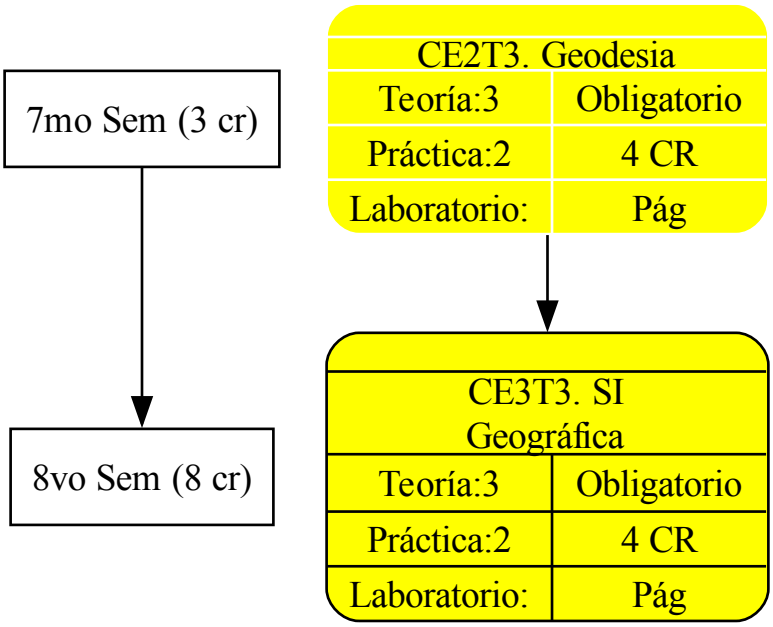


Figura 7.58: Mapa de Conexión. CE3T3 Sistemas de Información Geográfica

2. Fundamentación

Sistemas de Información Geográfica es el curso de análisis de datos geoespaciales de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte, que se apoya en los fundamentos de medición y posicionamiento establecidos en Geomática Básica y en los conceptos de planificación introducidos en Ingeniería de Transportes para abordar la captura, gestión, análisis y aplicación en ingeniería de los datos espaciales. El curso desarrolla primero los modelos de datos, la estructura de bases de datos espaciales y el manejo de sistemas de referencia de coordenadas que sustentan un SIG, luego cubre las operaciones de análisis espacial y geoprocesamiento (superposición, proximidad, análisis de redes y de terreno, e interpolación espacial) usadas para derivar información de ingeniería a partir de conjuntos de datos espaciales, los métodos para adquirir e integrar datos de campo, GNSS y teledetección en un SIG junto con las prácticas de calidad de datos y metadatos que hacen confiables esos datos, y cierra con la aplicación del SIG a la toma de decisiones en ingeniería civil: mapeo de activos de infraestructura, análisis de uso de suelo y ambiental, SIG web e infraestructura de datos espaciales, y apoyo a la toma de decisiones basado en SIG, ilustrado mediante el análisis de amenaza por tsunami, la generación de mapas de microzonificación geotécnico-sísmica, y el cálculo de riesgo sísmico.

3. Objetivos del curso.

- Distinguir los modelos de datos espaciales vectorial y raster, y construir una base de datos SIG topológicamente correcta y bien estructurada, incluyendo el manejo de sistemas de referencia de coordenadas.
- Diseñar un esquema de base de datos espacial y gestionar uniones de datos de atributos para un proyecto SIG.
- Realizar operaciones de geoprocesamiento de análisis de superposición, proximidad, redes y terreno, e interpolar superficies continuas a partir de datos muestrales.
- Capturar e integrar datos de campo, GNSS y teledetección en un SIG, y evaluar y documentar conjuntos de datos espaciales conforme a estándares reconocidos de calidad de datos y metadatos.
- Construir inventarios de activos de infraestructura y analizar condiciones de uso de suelo y ambientales usando SIG, y publicar conjuntos de datos mediante un SIG web o una infraestructura de datos espaciales.
- Apoyar la toma de decisiones basada en SIG para problemas de amenaza y riesgo en ingeniería civil – como el análisis de amenaza por tsunami, la generación de mapas de microzonificación geotécnico-sísmica, y el cálculo de riesgo sísmico – diseñando un flujo de trabajo SIG de principio a fin.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos y Modelos de Datos SIG, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Modelo de datos vectorial: puntos, líneas y polígonos, y topología **II:** Modelo de datos raster: tamaño de celda, resolución, y compensaciones raster-vector **III:** Estructura de bases de datos espaciales e indexación espacial **IV:** Manejo de sistemas de referencia de coordenadas y reproyección al vuelo en un SIG **V:** Gestión de datos de atributos y uniones relacionales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir los modelos de datos vectoriales de los raster y seleccionar el apropiado para un conjunto de datos dado [Familiarizarse] **II:** Construir un conjunto de datos vectorial topológicamente correcto en un SIG [Usar] **III:** Diseñar un esquema de base de datos espacial para un proyecto SIG [Evaluar] **IV:** Gestionar sistemas de referencia de coordenadas y reproyección dentro de un proyecto SIG [Usar] **V:** Unir datos de atributos a elementos espaciales mediante uniones relacionales [Usar]

Bibliografía: [Longley et al., 2015]

5.2 Análisis Espacial y Geoprocesamiento, 17 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de superposición: operaciones de intersección, unión y unión espacial **II:** Análisis de buffer y proximidad **III:** Análisis de redes: ruta más corta, áreas de servicio y asignación **IV:** Análisis de terreno a partir de un DEM raster: pendiente, orientación y delineación de cuencas **V:** Métodos de interpolación espacial para generar superficies continuas a partir de datos muestreados

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar un análisis de superposición para combinar múltiples conjuntos de datos espaciales [Usar] **II:** Realizar un análisis de buffer/proximidad para un estudio de ubicación o impacto [Evaluar] **III:** Resolver un problema de análisis de redes (ruta más corta, área de servicio o asignación) [Usar] **IV:** Derivar la pendiente, orientación y los límites de cuencas a partir de un DEM raster [Evaluar] **V:** Interpolar una superficie continua a partir de datos muestreados puntuales [Usar]

Bibliografía: [Longley et al., 2015, Burrough et al., 2015]

5.3 Adquisición e Integración de Datos SIG, 17 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de captura de datos de campo: digitalización, captura heads-up y SIG móvil **II:** Integración de datos recolectados con GNSS en un SIG **III:** Integración de imaginería de teledetección y productos derivados en un SIG **IV:** Estándares de calidad de datos: precisión posicional, completitud y linaje **V:** Estándares de documentación de metadatos de datos espaciales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Capturar datos de campo en un SIG usando herramientas de digitalización o SIG móvil [Usar] **II:** Integrar datos recolectados con GNSS en un conjunto de datos SIG [Evaluar] **III:** Integrar productos derivados de teledetección en un análisis SIG [Usar] **IV:** Evaluar un conjunto de datos espaciales contra los estándares de calidad de datos aplicables [Evaluar] **V:** Documentar los metadatos de un conjunto de datos espaciales siguiendo un estándar reconocido [Familiarizarse]

Bibliografía: [Longley et al., 2015, Lillesand et al., 2015]

5.4 Aplicaciones de los SIG en Ingeniería Civil, 20 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Mapeo e inventario de activos de infraestructura en un SIG **II:** Análisis de uso de suelo y ambiental usando SIG **III:** SIG web e infraestructura de datos espaciales (IDE) para el intercambio de datos **IV:** Apoyo a la toma de decisiones basado en SIG y selección de sitios multicriterio **V:** Diseño de un flujo de proyecto SIG desde la adquisición de datos hasta el producto final

Objetivos de Aprendizaje **I:** Construir un inventario de activos de infraestructura en un SIG [Usar] **II:** Analizar condiciones de uso de suelo o ambientales usando capas SIG [Evaluar] **III:** Publicar un conjunto de datos a través de un SIG web o infraestructura de datos espaciales [Usar] **IV:** Apoyar una decisión de selección de sitio usando análisis multicriterio basado en SIG [Evaluar] **V:** Diseñar un flujo de proyecto SIG de extremo a extremo para una aplicación de ingeniería civil [Evaluar]

Bibliografía: [Longley et al., 2015, tsung Chang, 2019]

6. Bibliografía

[Burrough et al., 2015] Burrough, P. A., McDonnell, R. A., and Lloyd, C. D. (2015). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, 3rd edition.

[Lillesand et al., 2015] Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., and Chipman, J. W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley, 7th edition.

[Longley et al., 2015] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., and Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. Wiley, 4th edition.

[tsung Chang, 2019] tsung Chang, K. (2019). *Introduction to Geographic Information Systems*. McGraw-Hill, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - 190Cr

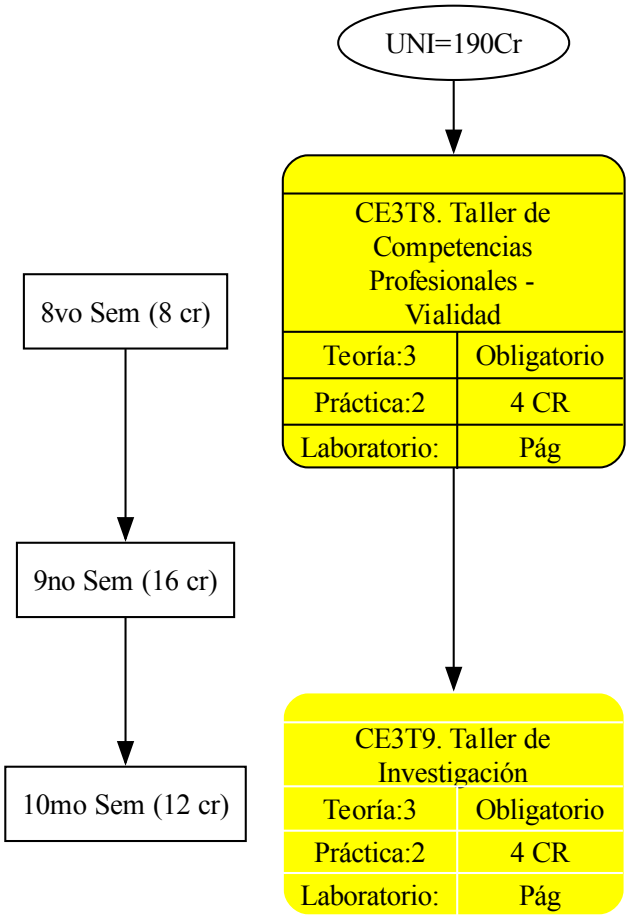


Figura 7.59: Mapa de Conexión. CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad

2. Fundamentación

Taller de Competencias Profesionales - Vialidad es el curso integrador y de síntesis de la línea de especialización de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG). Integra, alrededor de un proyecto real de vialidad o transporte, el marco de planificación de transporte y dinámica del sistema desarrollado en Ingeniería de Transportes con las técnicas de topografía aplicada desarrolladas en Geomática Básica y Geomática Aplicada, y con los cuatro dominios principales de la práctica de la ingeniería vial y de tránsito desarrollados en Diseño Vial Geométrico e Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano:

análisis de tráfico vehicular, auditoría e inspección de seguridad vial, inventario vial, diseño geométrico vial, y simulación microscópica de tránsito y análisis operacional. En lugar de introducir contenido nuevo, el taller revisita y aplica, a un nivel profesional de integración, las unidades de conocimiento desarrolladas a lo largo de los cursos precedentes de la especialización.

3. Objetivos del curso.

- Definir el alcance y los estudios básicos de un proyecto real de transporte a desarrollar a lo largo del taller.
- Aplicar los principios de planificación de transporte y el análisis de demanda de viajes/dinámica del sistema al corredor de estudio del proyecto.
- Aplicar técnicas de topografía (levantamiento de campo) para caracterizar el terreno del proyecto y sustentar su diseño.
- Analizar el flujo y la capacidad vehicular de la red vial del proyecto.
- Realizar una auditoría e inspección de seguridad vial y proponer medidas de mitigación para el proyecto.
- Elaborar un inventario vial de la infraestructura existente del proyecto.
- Aplicar los criterios de diseño geométrico vial al alineamiento horizontal del proyecto.
- Utilizar simulación microscópica para evaluar el desempeño operacional del proyecto.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Planificación de Transporte y Economía, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Proceso de planificación de transporte y marco institucional **II:** Modelación y métodos de pronóstico de la demanda de viajes **III:** Modelo de demanda de viajes de cuatro etapas **IV:** Métodos de recolección de datos para planificación de transporte **V:** Evaluación económica y análisis costo-beneficio **VI:** Modelación basada en actividades y técnicas avanzadas de pronóstico **VII:** Planificación de transporte multimodal e integración **VIII:** Transporte sostenible y consideraciones ambientales **IX:** Participación pública y compromiso con las partes interesadas **X:** Medidas de desempeño y monitoreo del sistema

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el proceso de planificación de transporte y las relaciones institucionales [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos de pronóstico de demanda de viajes para predecir patrones futuros de viaje [Evaluar] **III:** Implementar el modelo de demanda de viajes de cuatro etapas para análisis regional [Usar] **IV:** Diseñar programas de recolección de datos para estudios de transporte [Evaluar] **V:** Realizar análisis costo-beneficio para proyectos de transporte [Usar] **VI:** Utilizar modelos basados en actividades para análisis avanzado de demanda de viajes [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes integrados de transporte multimodal [Usar] **VIII:** Incorporar principios de sostenibilidad en la planificación del transporte [Evaluar] **IX:** Facilitar procesos de participación pública en la planificación del transporte [Familiarizarse] **X:** Establecer medidas de desempeño y sistemas de monitoreo para redes de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [de Dios Ortúzar and Willumsen, 2011]

5.2 Alcance del Proyecto del Taller y Estudios Básicos, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Alcance y ubicación del proyecto real de vialidad/transporte a desarrollar en el taller, y los estudios básicos generales (topográficos, de tránsito y de contexto socioeconómico) que establecen sus condiciones de partida.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir el alcance, la ubicación y las condiciones básicas de un proyecto real de transporte [Familiarizarse].

Bibliografía: [Mannering and Washburn, 2013]

5.3 Mapeo Topográfico y Modelos Digitales de Terreno, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: I: Representación mediante curvas de nivel e interpretación del relieve del terreno **II:** Generación de Modelos Digitales de Terreno (DTM) a partir de datos de campo o GNSS **III:** Elaboración de planos topográficos y convenciones cartográficas

Objetivos de Aprendizaje I: Generar un plano de curvas de nivel a partir de datos de levantamiento de campo [Usar] **II:** Elaborar un modelo digital de terreno (DTM) a partir de un levantamiento topográfico de puntos [Evaluar]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2015, Kavanagh, 2019]

5.4 Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Características del flujo vehicular y relaciones fundamentales **II:** Análisis de capacidad vial usando la metodología del Manual de Capacidad Vial (HCM) **III:** Conceptos de nivel de servicio y procedimientos de análisis **IV:** Dispositivos de control de tránsito y estándares del MUTCD **V:** Programación de semáforos y diseño de fases **VI:** Capacidad de intersecciones y análisis de demoras

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la teoría del flujo vehicular y los parámetros fundamentales de la corriente de tráfico [Familiarizarse] **II:** Realizar análisis de capacidad vial para varios tipos de vías [Evaluar] **III:** Determinar el nivel de servicio para instalaciones de transporte [Usar] **IV:** Aplicar estándares del MUTCD para el diseño y ubicación de dispositivos de control de tránsito [Evaluar] **V:** Diseñar planes de programación de semáforos para intersecciones aisladas [Usar] **VI:** Analizar la capacidad de intersecciones y calcular la demora de control [Evaluar]

Bibliografía: [Roess et al., 2019, Transportation Research Board, 2022]

5.5 Ingeniería de Seguridad Vial, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Análisis de datos de accidentalidad e identificación de puntos críticos **II:** Auditorías de seguridad vial y revisiones sistemáticas de seguridad **III:** Visión Cero y el enfoque de sistema seguro para el diseño de vías **IV:** Contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar datos de accidentalidad para identificar puntos críticos y factores contribuyentes [Evaluar] **II:** Realizar una auditoría de seguridad vial para una vía o intersección [Usar] **III:** Explicar el enfoque de sistema seguro de Visión Cero para el diseño de vías [Familiarizarse] **IV:** Recomendar contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas en una ubicación dada [Usar]

Bibliografía: [AASHTO, 2010]

5.6 Dispositivos de Control del Tránsito, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Clasificación y diseño de señales reglamentarias, preventivas e informativas **II:** Ubicación, dimensionamiento y requisitos de retrorreflectividad de señales **III:** Tipos de marcas en el pavimento, materiales y criterios de ubicación **IV:** Análisis de estudios de garantía (warrants) y justificación de semáforos **V:** Diseño de fases, secuencias y detección vehicular/peatonal del semáforo **VI:** Equipamiento de semáforos, controladores y consideraciones de mantenimiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar señales de tránsito según los estándares nacionales/MUTCD equivalentes y seleccionar la señal apropiada para una condición dada [Familiarizarse] **II:** Especificar la ubicación, tamaño y retrorreflectividad de señales según los estándares de diseño [Usar] **III:** Diseñar un plan de marcas en el pavimento para un tramo de vía dado [Evaluar] **IV:** Realizar un análisis de estudio de garantía para justificar la instalación de un semáforo [Evaluar] **V:** Diseñar las fases y la disposición de detección de un semáforo para una intersección [Usar] **VI:** Evaluar los requisitos de equipamiento y controladores de un semáforo para una instalación [Familiarizarse]

Bibliografía: [Federal Highway Administration, 2023, Roess et al., 2019]

5.7 Diseño del Alineamiento Horizontal, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Geometría y trazado de curvas circulares simples **II:** Curvas de transición en espiral y su aplicación **III:** Diseño del peralte, tasas, y longitudes de transición/desarrollo **IV:** Factores de fricción lateral y determinación del radio mínimo **V:** Distancia de visibilidad horizontal y obstrucciones de visibilidad en curvas **VI:** Consideraciones de diseño de curvas compuestas e inversas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar curvas horizontales circulares simples para una velocidad de diseño dada [Usar] **II:** Aplicar curvas de transición en espiral cuando lo requiera la velocidad de diseño y la curvatura [Evaluar] **III:** Diseñar las tasas de peralte y las longitudes de transición/desarrollo de una curva horizontal [Evaluar] **IV:** Determinar el radio mínimo de curva a partir de la fricción lateral y los límites de peralte [Usar] **V:** Verificar la distancia de visibilidad horizontal e identificar obstrucciones a lo largo de una curva [Evaluar] **VI:** Evaluar trazados de curvas compuestas e inversas según las guías de diseño [Familiarizarse]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, Garber and Hoel, 2019]

5.8 Operaciones y Gestión del Tráfico, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de corredores arteriales y coordinación de semáforos **II:** Operaciones en autopistas y análisis de cuellos de botella **III:** Simulación de tránsito y modelación de microsimulación **IV:** Gestión de incidentes y centros de gestión del tráfico **V:** Diseño de glorietas y análisis de capacidad

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar sistemas coordinados de semáforos para corredores arteriales [Usar] **II:** Evaluar el desempeño de autopistas e identificar cuellos de botella operacionales [Evaluar] **III:** Utilizar modelos de simulación de tránsito para análisis operacional complejo [Usar] **IV:** Implementar estrategias de gestión de incidentes y operaciones de gestión del tráfico [Evaluar] **V:** Diseñar glorietas y analizar su desempeño operacional [Usar]

Bibliografía: [Roess et al., 2019, Barceló, 2010]

6. Bibliografía

[AASHTO, 2010] AASHTO (2010). *Highway Safety Manual*. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1st edition.

[AASHTO, 2018] AASHTO (2018). A policy on geometric design of highways and streets. Technical report, American Association of State Highway and Transportation Officials.

[Barceló, 2010] Barceló, J. (2010). *Fundamentals of Traffic Simulation*. Springer.

[de Dios Ortúzar and Willumsen, 2011] de Dios Ortúzar, J. and Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Wiley, 4th edition.

[Federal Highway Administration, 2023] Federal Highway Administration (2023). *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. U.S. Department of Transportation, 11th edition.

[Garber and Hoel, 2019] Garber, N. J. and Hoel, L. A. (2019). *Traffic and Highway Engineering*. Cengage Learning, 6th edition.

[Ghilani and Wolf, 2015] Ghilani, C. D. and Wolf, P. R. (2015). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson, 14th edition.

[Kavanagh, 2019] Kavanagh, B. F. (2019). *Surveying: Principles and Applications*. Pearson, 10th edition.

[Mannering and Washburn, 2013] Mannering, F. L. and Washburn, S. S. (2013). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*. Wiley, 5th edition.

[Roess et al., 2019] Roess, R. P., Prassas, E. S., and McShane, W. R. (2019). *Traffic Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Transportation Research Board, 2022] Transportation Research Board (2022). Highway capacity manual. Technical report, Transportation Research Board.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 8vo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - 150Cr

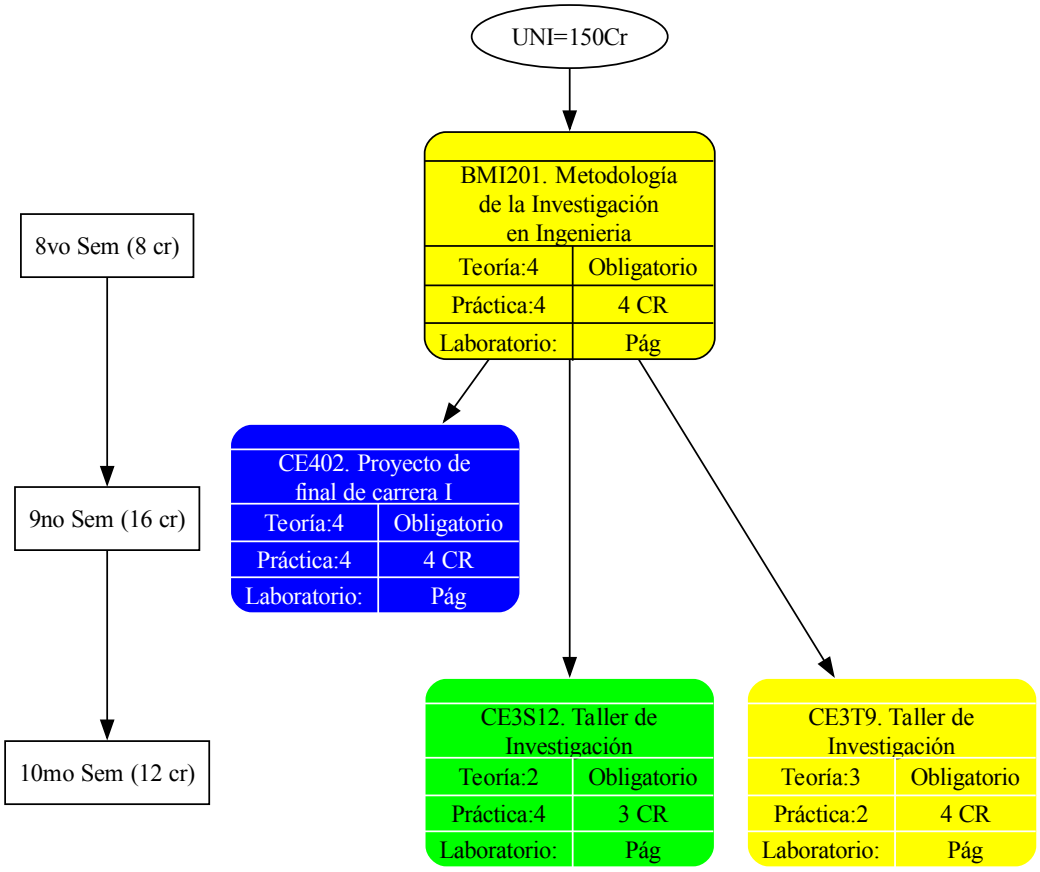


Figura 7.60: Mapa de Conexión. BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria

2. Fundamentación

Metodología de la Investigación en Ingeniería introduce a los estudiantes en el proceso sistemático de formular, realizar y comunicar investigación en ingeniería. El curso cubre los fundamentos del proceso de investigación científica y en ingeniería – formulación del problema, revisión de literatura, diseño de investigación, recolección y análisis de datos, y escritura académica y normas de citación – y luego los aplica directamente: cada estudiante desarrolla una propuesta original de investigación o de ingeniería aplicada bajo asesoría individualizada del profesorado, presentándola y defendiéndola mediante evaluación continua y final.

3. Objetivos del curso.

- Formular un problema de investigación en ingeniería bien definido y realizar una revisión de literatura de apoyo.
- Diseñar un enfoque de investigación apropiado para un problema de ingeniería, seleccionando métodos adecuados de recolección y análisis de datos.
- Aplicar principios de integridad académica y normas estándar de citación al producir escritos de investigación en ingeniería.
- Desarrollar, bajo asesoría individualizada, una propuesta original de investigación o de ingeniería aplicada desde la formulación del problema hasta resultados preliminares.
- Presentar y defender trabajo de investigación en ingeniería, respondiendo a evaluación continua y final.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Formulación del Problema y Revisión de Literatura, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** El proceso de investigación en ingeniería: desde la identificación del problema hasta la difusión de resultados **II:** Formulación de un problema de investigación y preguntas de investigación específicas para la práctica de la ingeniería **III:** Metodología de revisión de literatura: estrategias de búsqueda, evaluación de fuentes y síntesis

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular un problema de investigación en ingeniería específico e investigable [Usar] **II:** Realizar una revisión de literatura de apoyo, evaluando y sintetizando fuentes [Usar]

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Leedy and Ormrod, 2019, of Civil Engineers (ASCE), 2019]

5.2 Diseño de Investigación y Métodos de Datos, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de investigación: enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos aplicados a problemas de ingeniería **II:** Instrumentos y métodos de recolección de datos para investigación en ingeniería (encuestas, experimentos, mediciones de campo, simulación) **III:** Métodos de análisis de datos e interpretación de resultados de investigación en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar un enfoque de investigación, apropiado para una pregunta de investigación en ingeniería, incluyendo métodos de recolección y análisis de datos [Usar] **II:** Seleccionar instrumentos de recolección de datos y métodos de análisis apropiados para una pregunta de investigación de ingeniería dada [Usar]

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Leedy and Ormrod, 2019, of Civil Engineers (ASCE), 2019]

5.3 Comunicación de la Investigación e Integridad Académica, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Integridad académica, plagio y normas de citación (normas de referencia) en la escritura en ingeniería **II:** Estructura de una propuesta de investigación, tesis y artículo técnico **III:** Presentación oral y defensa de trabajo de investigación en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar principios de integridad académica y normas estándar de citación en un escrito de investigación en ingeniería [Usar] **II:** Estructurar una propuesta de investigación o artículo técnico siguiendo convenciones académicas estándar de ingeniería [Evaluar] **III:** Presentar y defender trabajo de investigación en ingeniería en respuesta a preguntas de un comité evaluador [Evaluar]

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Leedy and Ormrod, 2019, of Civil Engineers (ASCE), 2019]

6. Bibliografía

[Booth et al., 2016] Booth, W. C., Colomb, G. G., Williams, J. M., Bizup, J., and FitzGerald, W. T. (2016). *The Craft of Research*. University of Chicago Press, 4th edition.

[Leedy and Ormrod, 2019] Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. (2019). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson, 12th edition.

[of Civil Engineers (ASCE), 2019] of Civil Engineers (ASCE), A. S. (2019). Guide to preparing engineering research reports and theses. Technical report, ASCE.

Noveno Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C5 Planeamiento y programación de obras (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)

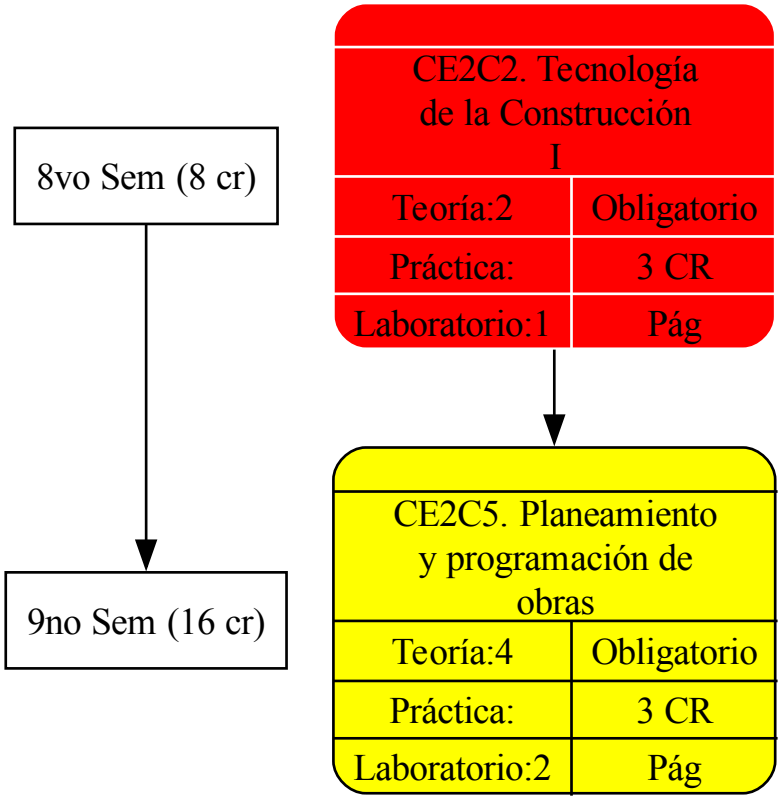


Figura 7.61: Mapa de Conexión. CE2C5 Planeamiento y programación de obras

2. Fundamentación

Gestión de Proyectos de Construcción I cubre el planeamiento, la programación y la gestión de obras de construcción, incluyendo el uso de métodos de ruta crítica (CPM) y de modelación 4D/5D para el control de proyectos, la estimación de costos de construcción y la gestión financiera, y la gestión diaria de la ejecución en obra.

3. Objetivos del curso.

- Planificar una obra de construcción definiendo su alcance y estructura de trabajo.

- Programar una obra de construcción mediante el método de la ruta crítica (CPM) y herramientas de modelación 4D/5D.
- Estimar los costos de construcción y gestionar el control financiero de una obra.
- Gestionar y controlar la ejecución de una obra de construcción a nivel de campo.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D), 42 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Desarrollo de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y definición de actividades **II:** Diagramación de redes: actividad en el nodo (AON) y método de diagramación de precedencias (PDM) **III:** Método de la Ruta Crítica (CPM) para cálculo de cronogramas: recorrido hacia adelante/atrás, holguras **IV:** Técnicas de asignación, carga y nivelación de recursos **V:** Actualización, monitoreo y control del cronograma usando gestión del valor ganado (EVM) **VI:** Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) para análisis de riesgo del cronograma **VII:** Programación por Línea de Balance (LOB) para proyectos repetitivos **VIII:** Programación 4D (tiempo + modelo 3D) para visualización y detección de interferencias **IX:** Programación 5D (tiempo + costo + modelo 3D) para control integrado de costos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) para un proyecto de construcción de mediana escala [Usar] **II:** Construir un diagrama de red del CPM y calcular la ruta crítica y las holguras de las actividades [Evaluar] **III:** Realizar nivelación de recursos en un cronograma de proyecto simple para minimizar las fluctuaciones de recursos [Usar] **IV:** Monitorear el progreso del proyecto usando la variación del cronograma (SV) y la variación del costo (CV) a partir de datos del valor ganado [Evaluar] **V:** Aplicar PERT para estimar probabilidades de duración del proyecto e identificar riesgos del cronograma [Evaluar] **VI:** Crear un cronograma de Línea de Balance (LOB) para un proyecto de vivienda repetitivo [Usar] **VII:** Generar una simulación 4D para visualizar la secuencia de construcción e identificar conflictos espaciales [Usar] **VIII:** Integrar datos de costo con un modelo 3D para realizar un análisis 5D para el seguimiento del presupuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Callahan et al., 1992, Institute, 2021]

5.2 Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción, 10 hr(s)

Competencias: ABET-5

Tópicos: **I:** Tipos de estimación: conceptual, preliminar y detallada **II:** Métodos de cubicación a partir de planos y modelos digitales **III:** Componentes de precios: mano de obra, materiales, equipo y gastos generales **IV:** Técnicas de estimación paramétrica y probabilística **V:** Análisis del costo del ciclo de vida para sistemas de edificación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar una cubicación detallada de concreto, encofrado y acero de refuerzo a partir de planos de construcción [Usar] **II:** Preparar una estimación de precios unitarios para un paquete de trabajo definido [Evaluar] **III:** Aplicar modelos paramétricos para desarrollar una estimación de costo conceptual para un edificio [Evaluar] **IV:** Realizar un análisis del costo del ciclo de vida para comparar dos sistemas alternativos de envolvente del edificio [Usar]

Bibliografía: [RSMeans, 2024, Institute, 2021]

5.3 Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción, 8 hr(s)

Competencias: ABET-5

Tópicos: **I:** Procesos de preparación, presentación y análisis de ofertas **II:** Pronóstico y gestión del flujo de caja para proyectos de construcción **III:** Ingeniería de valor y análisis de constructabilidad **IV:** Estados financieros y métricas de desempeño para empresas constructoras

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los componentes y la estructura típica de márgenes de una oferta competitiva [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un pronóstico de flujo de caja mensual para un proyecto de construcción [Usar] **III:** Realizar un taller de ingeniería de valor para identificar alternativas de ahorro de costos sin sacrificar la función [Evaluar] **IV:** Interpretar ratios financieros clave para evaluar la salud de una empresa constructora [Familiarizarse]

Bibliografía: [RSMeans, 2024, Institute, 2021]

5.4 Gestión de Obra y Campo, 24 hr(s)

Competencias: ABET-5

Tópicos: **I:** Movilización de obra: instalaciones provisionales, accesos, servicios y organización del terreno **II:** Supervisión de campo y gestión de las operaciones diarias en obra **III:** Coordinación y secuenciamiento de subcontratistas y especialidades **IV:** Reportes de avance, documentación y reuniones de coordinación de obra **V:** Gestión de materiales: seguimiento de adquisiciones, entregas y almacenamiento **VI:** Control de calidad e inspección durante la ejecución de la obra **VII:** Comunicación con los interesados y resolución de conflictos en obra **VIII:** Cierre del proyecto: listas de observaciones, puesta en marcha y entrega

Objetivos de Aprendizaje **I:** Elaborar un plan de movilización de obra que incluya instalaciones provisionales y logística de accesos [Usar] **II:** Supervisar las operaciones diarias de obra y resolver incidencias de ejecución en campo [Evaluar] **III:** Coordinar el secuenciamiento de subcontratistas y especialidades para evitar conflictos de programación [Usar] **IV:** Preparar un reporte de avance y dirigir una reunión de coordinación de obra [Usar] **V:** Dar seguimiento a la adquisición, entrega y almacenamiento de materiales para un paquete de trabajo [Evaluar] **VI:** Realizar una inspección de control de calidad durante una etapa de ejecución de la obra [Evaluar] **VII:** Resolver un conflicto con un interesado surgido durante la ejecución de la obra [Familiarizarse] **VIII:** Gestionar las actividades de cierre del proyecto, incluyendo listas de observaciones y entrega [Usar]

Bibliografía: [Gould, 2018, Fisk and Reynolds, 2013]

6. Bibliografía

[Callahan et al., 1992] Callahan, M. T., Quackenbush, D. G., and Rowings, J. E. (1992). *Construction Project Scheduling*. McGraw-Hill.

[Fisk and Reynolds, 2013] Fisk, E. R. and Reynolds, W. D. (2013). *Construction Project Administration*. Pearson, 10th edition.

[Gould, 2018] Gould, F. E. (2018). *Managing the Construction Process: Estimating, Scheduling, and Project Control*. Pearson, 6th edition.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Project Management Institute, 7th edition.

[RSMeans, 2024] RSMeans (2024). *RSMeans Building Construction Cost Data*. Gordian.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2T5 Diseño Vial (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T1 Geomática Básica (6to Sem-Pág 419)
  - CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)

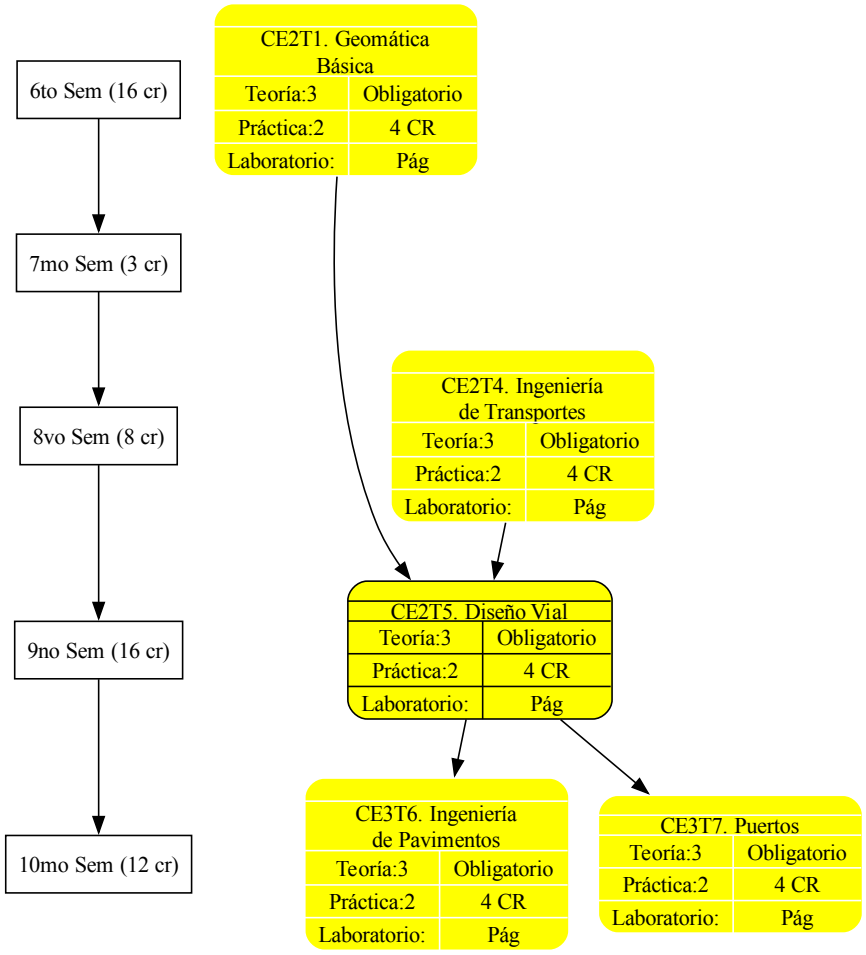


Figura 7.62: Mapa de Conexión. CE2T5 Diseño Vial

2. Fundamentación

Diseño Vial es el curso de diseño geométrico de carreteras de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG), que se apoya en las habilidades de medición y levantamiento de campo establecidas en Geomática Básica y en los conceptos de planificación de rutas y demanda de tránsito introducidos en Ingeniería de Transportes para abordar el diseño geométrico de carreteras de dos y múltiples carriles y vías urbanas. El curso desarrolla primero los controles y criterios de diseño

–vehículo de diseño, clasificación funcional, velocidad de diseño y dominio de diseño– que rigen todas las decisiones posteriores, bajo el manual peruano de diseño geométrico DG-2018 y el AASHTO Green Book, y los métodos usados para seleccionar una ruta (tramos homogéneos, línea de gradiente, matriz de decisiones y método de Bruce). Luego cubre el diseño en planta (curvas simples y espirales, peralte, distancia de visibilidad y sobreancho) y el diseño del perfil longitudinal (control de pendientes y curvas verticales convexas/cóncavas), coordinados tridimensionalmente, seguido del diseño geométrico de la sección transversal y zona lateral (carriles, bermas, zona libre, barreras, cómputo de volúmenes de movimiento de tierra y diagramas de masa) y de intersecciones a nivel e intercambios a desnivel. El curso cierra con la práctica de diseño sensible al contexto y multimodal, y la aplicación de metodologías BIM y modelado 3D para la entrega digital y gestión de activos de un proyecto de diseño geométrico vial.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar el marco normativo DG-2018 del Perú y los criterios del AASHTO Green Book, junto con métodos de ubicación de ruta (línea de gradiente, matriz de decisiones, método de Bruce), para seleccionar los controles de diseño de un proyecto vial.
- Diseñar elementos del alineamiento horizontal –curvas simples y espirales, peralte y sobreancho– para una velocidad de diseño dada, y verificar la distancia de visibilidad horizontal.
- Diseñar elementos del alineamiento vertical –control de pendientes, curvas verticales convexas y cóncavas– coordinados tridimensionalmente con el alineamiento horizontal.
- Diseñar elementos de la sección transversal y zona lateral –anchos de carril y berma, zona libre, barreras– y calcular volúmenes de movimiento de tierra y diagramas de masa.
- Diseñar la canalización de intersecciones a nivel y seleccionar tipos de intercambios a desnivel apropiados según el tránsito, el derecho de vía y las restricciones del terreno.
- Aplicar principios de diseño sensible al contexto y de calles completas para equilibrar a los usuarios multimodales en un contexto urbano o rural.
- Usar herramientas BIM y de modelado 3D para la entrega digital y gestión de activos de un proyecto de diseño geométrico vial.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Controles y Criterios de Diseño, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Tipos de vehículo de diseño y características de las plantillas de giro **II:** Características del desempeño del conductor: tiempo de percepción-reacción y altura de ojo/objeto **III:** Clasificación funcional de carreteras y calles, y su relación con los criterios de diseño **IV:** Selección de la velocidad de diseño y su relación con la velocidad de operación **V:** Concepto de dominio de diseño y rangos flexibles de criterios de diseño **VI:** Proceso de excepción de diseño para criterios subestándar

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar un vehículo de diseño apropiado y aplicar su plantilla de giro a un trazado [Familiarizarse] **II:** Aplicar los parámetros de desempeño del conductor (tiempo de percepción-reacción, altura de ojo/objeto) en cálculos de diseño [Usar] **III:** Determinar la clasificación funcional de una vía y los criterios de diseño que implica [Evaluar] **IV:** Seleccionar

una velocidad de diseño consistente con el contexto, la función y las expectativas de velocidad de operación [Evaluar] **V:** Explicar el concepto de dominio de diseño y su uso en el diseño flexible [Familiarizarse] **VI:** Documentar una excepción de diseño para un criterio que no puede cumplirse [Usar]

Bibliografía: [Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018, AASHTO, 2018]

5.2 Diseño del Alineamiento Horizontal, 20 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Geometría y trazado de curvas circulares simples **II:** Curvas de transición en espiral y su aplicación **III:** Diseño del peralte, tasas, y longitudes de transición/desarrollo **IV:** Factores de fricción lateral y determinación del radio mínimo **V:** Distancia de visibilidad horizontal y obstrucciones de visibilidad en curvas **VI:** Consideraciones de diseño de curvas compuestas e inversas

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar curvas horizontales circulares simples para una velocidad de diseño dada [Usar] **II:** Aplicar curvas de transición en espiral cuando lo requiera la velocidad de diseño y la curvatura [Evaluar] **III:** Diseñar las tasas de peralte y las longitudes de transición/desarrollo de una curva horizontal [Evaluar] **IV:** Determinar el radio mínimo de curva a partir de la fricción lateral y los límites de peralte [Usar] **V:** Verificar la distancia de visibilidad horizontal e identificar obstrucciones a lo largo de una curva [Evaluar] **VI:** Evaluar trazados de curvas compuestas e inversas según las guías de diseño [Familiarizarse]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, Garber and Hoel, 2019]

5.3 Diseño del Alineamiento Vertical, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Control de pendiente máxima y mínima, y longitud crítica de pendiente **II:** Diseño de curvas verticales convexas (crestas) para distancia de visibilidad de parada **III:** Diseño de curvas verticales cóncavas (sag) para criterios de faros y confort **IV:** Cálculo y aplicación de la distancia de visibilidad de parada **V:** Distancia de visibilidad de paso en carreteras de dos carriles **VI:** Requisitos de holgura vertical en estructuras y pasos a desnivel

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar los criterios de control de pendiente, incluyendo la longitud crítica de pendiente para camiones [Evaluar] **II:** Diseñar curvas verticales convexas que satisfagan la distancia de visibilidad de parada [Evaluar] **III:** Diseñar curvas verticales cóncavas que satisfagan los criterios de faros y confort [Evaluar] **IV:** Calcular la distancia de visibilidad de parada para una velocidad de diseño y pendiente dadas [Usar] **V:** Determinar los requisitos de distancia de visibilidad de paso en carreteras de dos carriles [Usar] **VI:** Verificar la holgura vertical en estructuras según los estándares de diseño [Familiarizarse]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, Garber and Hoel, 2019]

5.4 Elementos de Sección Transversal y Diseño de Zona Lateral, 14 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Selección del ancho de carril y berma según la clase funcional y el contexto **II:** Tipos y anchos de separador central, y criterios de barrera en el separador **III:** Pendiente transversal, transición del peralte y consideraciones de drenaje **IV:** Determinación del ancho de la zona libre de obstáculos y clasificación del riesgo lateral **V:** Selección, ubicación y terminales de las barreras de seguridad laterales **VI:** Diseño de la sección transversal de veredas, ciclovías y fajas de separación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar los anchos de carril y berma apropiados según la clase funcional y el contexto [Usar] **II:** Determinar el tipo de separador central, su ancho, y el criterio de barrera para una vía dada [Evaluar] **III:** Explicar la pendiente transversal y los requisitos de drenaje en el diseño de la sección transversal [Familiarizarse] **IV:** Determinar el ancho de la zona libre de obstáculos a partir de la clasificación de riesgo lateral y la velocidad de diseño [Evaluar] **V:** Seleccionar y ubicar barreras de seguridad laterales y sus terminales [Usar] **VI:** Diseñar las secciones transversales de vereda, ciclovía y faja de separación para una calle completa [Evaluar]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, Garber and Hoel, 2019]

5.5 Intersecciones a Nivel e Intercambiadores, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de intersección a nivel y consideraciones de alineamiento/esviaje **II:** Canalización y diseño de carriles de giro (izquierdo/derecho) **III:** Distancia de visibilidad en intersecciones y triángulos de visibilidad de aproximación **IV:** Tipos de intercambiador y criterios de selección (diamante, trébol, direccional) **V:** Diseño geométrico de rampas y tratamiento del área de horquilla (gore) **VI:** Geometría de tramos de entrecruzamiento y diseño de carriles auxiliares

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar un tipo de intersección a nivel y alineamiento apropiado para las condiciones de aproximación [Evaluar] **II:** Diseñar la canalización y los carriles de giro de una intersección a nivel [Usar] **III:** Verificar la distancia de visibilidad de la intersección frente a los criterios del triángulo de visibilidad de aproximación [Usar] **IV:** Seleccionar un tipo de intercambiador apropiado según el tránsito, el derecho de vía y las restricciones de terreno [Evaluar] **V:** Diseñar la geometría de rampas y los tratamientos del área de horquilla [Usar] **VI:** Analizar la geometría de un tramo de entrecruzamiento y los requisitos de carriles auxiliares [Evaluar]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, Garber and Hoel, 2019]

5.6 Diseño Sensible al Contexto y Multimodal, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de diseño sensible al contexto y flexibilidad de criterios basada en actores involucrados **II:** Principios de calles completas y acomodación multimodal **III:** Elementos de pacificación del tránsito para calles urbanas y residenciales **IV:** Coordinación tridimensional del alineamiento horizontal y vertical **V:** Consideraciones estéticas y ambientales en el diseño geométrico **VI:** Gestión de accesos y criterios de espaciamiento de entradas vehiculares

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el proceso de diseño sensible al contexto y cuándo es apropiada la flexibilidad de diseño [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios de calles completas para acomodar múltiples modos de viaje [Usar] **III:** Seleccionar elementos de pacificación del tránsito apropiados para un contexto urbano o residencial [Evaluar] **IV:** Coordinar el alineamiento horizontal y vertical para un diseño tridimensionalmente consistente [Evaluar] **V:** Considerar factores estéticos y ambientales en las decisiones de diseño geométrico [Familiarizarse] **VI:** Aplicar los criterios de gestión de accesos al espaciamiento de entradas e intersecciones [Usar]

Bibliografía: [National Association of City Transportation Officials (NACTO), 2013, AASHTO, 2018]

5.7 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN **II:** Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico **III:** Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques **IV:** Plataformas de colaboración, Entornos de Datos Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM **V:** Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural **VI:** Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales **VII:** Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM **VIII:** Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM) **IX:** Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse] **II:** Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar] **III:** Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar] **IV:** Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse] **V:** Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar] **VI:** Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse] **VII:** Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar] **VIII:** Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Eastman et al., 2018]

6. Bibliografía

[AASHTO, 2018] AASHTO (2018). A policy on geometric design of highways and streets. Technical report, American Association of State Highway and Transportation Officials.

[Eastman et al., 2018] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Lee, G. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. Wiley, 3rd edition.

[Garber and Hoel, 2019] Garber, N. J. and Hoel, L. A. (2019). *Traffic and Highway Engineering*. Cengage Learning, 6th edition.

[Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018] Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico (dg-2018). Technical report, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

[National Association of City Transportation Officials (NACTO), 2013] National Association of City Transportation Officials (NACTO) (2013). *Urban Street Design Guide*. Island Press.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C15 Taller de Competencias Profesionales (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - 190Cr

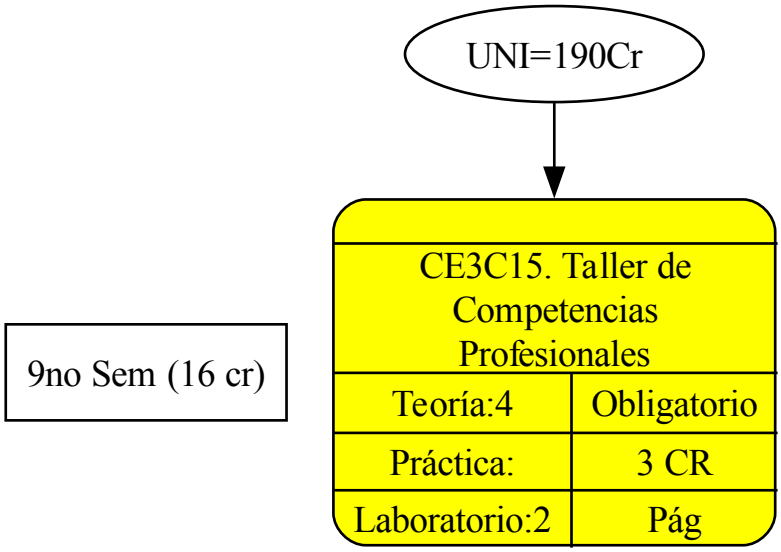


Figura 7.63: Mapa de Conexión. CE3C15 Taller de Competencias Profesionales

2. Fundamentación

Taller de Competencias Profesionales es un curso integrador que aplica, a un proyecto de construcción real, los estudios de factibilidad, ambientales y sociales, la selección de materiales, la gestión de procura y contractual, la estandarización de procesos y gestión de calidad, la gestión de seguridad y medio ambiente, el planeamiento, la simulación de procesos constructivos con herramientas BIM, y el control de costos, riesgos y oportunidades mediante un panel de control de gestión integrada.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar los estudios de factibilidad, ambientales y sociales de un proyecto de construcción.
- Aplicar la gestión de procura, contractual, de calidad, de seguridad y ambiental a un proyecto de construcción.
- Planificar y simular los procesos constructivos de un proyecto utilizando herramientas BIM.
- Controlar los costos, riesgos y oportunidades de un proyecto mediante un panel de gestión integrada.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Contexto del Proyecto, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Contexto y alcance del proyecto de construcción a desarrollar en el taller.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir el contexto y alcance de un proyecto de construcción real [Familiarizarse].

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.2 Economía de Ingeniería y Financiamiento de Proyectos (Alianzas Público-Privadas), 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Valor del dinero en el tiempo: cálculos de valor presente, valor futuro y valor anual **II:** Comparación de alternativas de proyectos: valor presente, tasa de retorno, análisis costo-beneficio **III:** Métodos de depreciación y consideraciones fiscales en economía de ingeniería **IV:** Estudios de factibilidad de proyectos y análisis de punto de equilibrio **V:** Riesgo e incertidumbre en análisis económico: análisis de sensibilidad y escenarios **VI:** Costeo de ciclo de vida para activos de infraestructura **VII:** Modelos de financiamiento de proyectos: deuda, patrimonio y alianzas público-privadas (PPP) **VIII:** Valoración de beneficios y costos intangibles en proyectos públicos **IX:** Análisis de opciones reales para planificación flexible de proyectos

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular valor presente, valor futuro y valor anual para una serie de flujos de caja [Usar] **II:** Comparar dos alternativas de proyectos mutuamente excluyentes usando análisis de valor presente [Evaluar] **III:** Aplicar métodos de depreciación de línea recta y MACRS a un activo de capital [Usar] **IV:** Realizar un análisis básico de sensibilidad sobre las variables clave del modelo económico de un proyecto [Evaluar] **V:** Realizar un análisis de costo de ciclo de vida para un puente, considerando construcción inicial, mantenimiento y costos de fin de vida [Usar] **VI:** Comparar la asignación de riesgos en un proyecto de Diseño-Construcción-Construcción vs. una Alianza Público-Privada (PPP) [Familiarizarse] **VII:** Monetizar los beneficios sociales (p. ej., tiempo de viaje reducido) de un proyecto de transporte para un análisis costo-beneficio [Evaluar] **VIII:** Explicar cómo el análisis de opciones reales puede agregar valor a la planificación de un proyecto de infraestructura de múltiples fases [Familiarizarse]

Bibliografía: [Blank and Tarquin, 2017]

5.3 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e

institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.4 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación **II:** Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas **III:** Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción **IV:** Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación **V:** Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras **VI:** Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia **VII:** Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz **VIII:** Ingeniería forense y evaluación de daños **IX:** Ensayos y enfoques de especificación basados en el desempeño **X:** Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar] **II:** Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar] **III:** Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar] **IV:** Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar] **V:** Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse] **VI:** Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar] **VII:** Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar] **VIII:** Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar] **IX:** Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar] **X:** Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.5 Contratos, Especificaciones y Derecho de la Construcción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de contrato: suma alzada, precios unitarios, costo más honorarios, y diseño-construcción **II:** Métodos de contratación y estrategias de licitación **III:** Especificaciones del proyecto: MasterFormat, de desempeño vs. prescriptivas **IV:** Condiciones generales del contrato y cláusulas clave (ej. AIA, FIDIC) **V:** Órdenes de cambio, trabajos adicionales y procedimientos de variación **VI:** Gestión de reclamaciones: demora, disrupción y aceleración **VII:** Resolución de disputas: negociación, mediación, arbitraje, litigio **VIII:** Responsabilidad profesional, negligencia y estándar de cuidado **IX:** Dilemas éticos y conducta profesional en la construcción

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar la distribución de riesgos entre propietario y contratista en diferentes tipos de contrato [Familiarizarse] **II:** Seleccionar un método de contratación apropiado para un modelo de entrega de proyecto dado [Evaluar] **III:** Redactar una especificación técnica clara y no ambigua para un material de construcción [Usar] **IV:** Explicar el propósito de las cláusulas clave en las condiciones generales estándar del contrato [Familiarizarse] **V:** Procesar una orden de cambio hipotética, documentando los impactos en costo y tiempo [Usar] **VI:** Analizar una reclamación simple por demora y determinar el derecho a compensación y los daños [Evaluar] **VII:** Recomendar un método apropiado de resolución de disputas para un escenario de conflicto dado [Evaluar] **VIII:** Definir el estándar de cuidado del ingeniero y las responsabilidades potenciales por errores de diseño [Familiarizarse] **IX:** Resolver un dilema ético relacionado con prácticas de licitación o reporte de seguridad en obra [Evaluar]

Bibliografía: [de las Contrataciones del Estado (OSCE), 2019]

5.6 Gestión de Calidad, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Gestión de Calidad Total: los 14 puntos de Deming, la mejora continua (kaizen) y la cultura de calidad **II:** Metodología Six Sigma (DMAIC): capacidad del proceso, gráficos de control y defectos por millón de oportunidades **III:** Normas y certificación de calidad: marco ISO 9001 y categorías del costo de la calidad (prevención, evaluación, fallas) **IV:** Despliegue de la función de calidad (QFD) y voz del cliente: matriz de la Casa de la Calidad, traducción de requisitos del cliente y priorización del diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de la GCT y las herramientas clave utilizadas en el ciclo de mejora DMAIC [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos básicos de control estadístico de procesos para monitorear la calidad del proceso [Usar] **III:** Evaluar el desempeño de calidad de un proceso y recomendar prioridades de mejora usando el análisis del costo de la calidad [Evaluar]

Bibliografía: [for Standardization, 2015]

5.7 Trabajo Escalonado I, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Preparación y entrega del primer informe escalonado del taller, consolidando el contexto del proyecto, los estudios de factibilidad, ambientales y sociales, la selección de materiales, la gestión de procura y contractual, y la gestión de calidad desarrollados hasta el momento. **II:** Sustentación oral del trabajo escalonado ante un jurado evaluador.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Elaborar un informe escalonado que consolide los hallazgos de las primeras etapas del taller [Usar]. **II:** Sustentar oralmente el trabajo escalonado ante un jurado evaluador, respondiendo preguntas técnicas [Evaluar].

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.8 Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Sistemas de gestión de seguridad y el rol de la cultura de seguridad **II:** Peligros comunes en construcción: caídas, golpes, electrocución, atrapamiento/aprisionamiento **III:** Regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y cumplimiento **IV:** Técnicas de identificación y evaluación de riesgos (ej. AST, listas de verificación) **V:** Jerarquía de controles: eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos, EPP **VI:** Salud ocupacional: sílice, ruido, ergonomía e higiene industrial **VII:** Planificación de respuesta a emergencias e investigación de incidentes **VIII:** Principios de seguros y fianzas para transferencia de riesgos en construcción **IX:** Indicadores líderes de seguridad proactivos y análisis predictivo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los "Cuatro Fatales" peligros de construcción y los requisitos básicos de OSHA para cada uno [Familiarizarse] **II:** Realizar un Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) para una tarea común de construcción [Evaluar] **III:** Desarrollar un plan de seguridad específico del sitio para un escenario de proyecto dado [Usar] **IV:** Aplicar la jerarquía de controles para mitigar un riesgo de seguridad identificado [Familiarizarse] **V:** Evaluar exposiciones de salud ocupacional (ej. ruido, polvo) y recomendar estrategias de monitoreo [Evaluar] **VI:** Crear un plan de respuesta a emergencias para un sitio de construcción [Usar] **VII:** Explicar el propósito y tipos de seguros (ej. Responsabilidad Civil General, compensación laboral) en la gestión de riesgos de construcción [Familiarizarse] **VIII:** Proponer indicadores líderes de seguridad para rastrear y predecir el desempeño de seguridad del sitio [Evaluar]

Bibliografía: [Hinze, 2005, de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, 2010]

5.9 Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D), 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Desarrollo de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y definición de actividades **II:** Diagramación de redes: actividad en el nodo (AON) y método de diagramación de precedencias (PDM) **III:** Método de la Ruta Crítica (CPM) para cálculo de cronogramas: recorrido hacia adelante/atrás, holguras **IV:** Técnicas de asignación, carga y nivelación de recursos **V:** Actualización, monitoreo y control del cronograma usando gestión del valor ganado (EVM) **VI:** Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) para análisis de riesgo del cronograma **VII:** Programación por Línea de Balance (LOB) para proyectos repetitivos **VIII:** Programación 4D (tiempo + modelo 3D) para visualización y detección de interferencias **IX:** Programación 5D (tiempo + costo + modelo 3D) para control integrado de costos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) para un proyecto de construcción de mediana escala [Usar] **II:** Construir un diagrama de red del CPM y calcular la ruta crítica y las holguras de las actividades [Evaluar] **III:** Realizar nivelación de recursos en un cronograma de proyecto simple para minimizar las fluctuaciones de recursos [Usar] **IV:** Monitorear el progreso del proyecto usando la variación del cronograma (SV) y la variación del costo (CV) a partir de datos del valor ganado [Evaluar] **V:** Aplicar PERT para estimar probabilidades de duración del proyecto e identificar riesgos del cronograma [Evaluar] **VI:** Crear un cronograma de Línea de Balance (LOB) para un proyecto de vivienda repetitivo [Usar] **VII:** Generar una simulación 4D para visualizar la secuencia de construcción e identificar conflictos espaciales [Usar] **VIII:** Integrar datos de costo con un modelo 3D para realizar un análisis 5D para el seguimiento del presupuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Callahan et al., 1992]

5.10 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN **II:** Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico **III:** Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques **IV:** Plataformas de colaboración, Entornos de Datos Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM **V:** Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural **VI:** Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales **VII:** Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM **VIII:** Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM) **IX:** Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse] **II:** Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar] **III:** Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar] **IV:** Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse] **V:** Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar] **VI:** Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse] **VII:** Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar] **VIII:** Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Eastman et al., 2018]

5.11 Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Operaciones de movimiento de tierras: excavación, acarreo, compactación y diagramas de masas **II:** Construcción de concreto: encofrados, colocación, acabado y curado **III:** Erección de acero, conexiones y procedimientos de seguridad **IV:** Tipos, capacidades y criterios de selección de equipos de construcción **V:** Medición de productividad, análisis de tiempo de ciclo y balance de cuadrillas **VI:** Métodos de construcción pesada para túneles, presas y puentes **VII:** Economía de equipos: propiedad vs. alquiler, depreciación y costo operativo **VIII:** Tecnologías sin zanja y sistemas de soporte para excavaciones profundas **IX:** Automatización y robótica en operaciones de construcción

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar equipo de construcción apropiado para tareas comunes de movimiento de tierras y manejo de materiales [Usar] **II:** Diseñar encofrados y apuntalamientos básicos para una losa o muro de concreto [Evaluar] **III:** Explicar la secuencia y consideraciones de seguridad para la erección de acero [Familiarizarse] **IV:** Calcular tasas de productividad y tiempos de ciclo para operaciones de equipo [Usar] **V:** Balancear una cuadrilla de construcción para optimizar la productividad de una tarea dada [Evaluar] **VI:** Comparar métodos de construcción para un proyecto de obra pesada como un túnel a cielo abierto (cut-and-cover) [Evaluar] **VII:** Analizar la vida económica y el costo horario de una pieza de equipo de construcción [Usar] **VIII:** Describir las aplicaciones y limitaciones de las tecnologías de construcción sin zanja [Familiarizarse] **IX:** Evaluar el potencial de la automatización para mejorar la seguridad y productividad en un sitio de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Peurifoy et al., 2018]

5.12 Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Procesos de preparación, presentación y análisis de ofertas **II:** Pronóstico y gestión del flujo de caja para proyectos de construcción **III:** Ingeniería de valor y análisis de constructabilidad **IV:** Estados financieros y métricas de desempeño para empresas constructoras

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los componentes y la estructura típica de márgenes de una oferta competitiva [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un pronóstico de flujo de caja mensual para un proyecto de construcción [Usar] **III:** Realizar un taller de ingeniería de valor para identificar alternativas de ahorro de costos sin sacrificar la función [Evaluar] **IV:** Interpretar ratios financieros clave para evaluar la salud de una empresa constructora [Familiarizarse]

Bibliografía: [de la Construcción (CAPECO), 2020]

5.13 Tableros de Control y Radiadores de Información, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Diseño de tableros de control del proyecto: métricas clave, claridad visual y relevancia para los interesados **II:** Radiadores de información: herramientas físicas y digitales para la transparencia continua del equipo **III:** Tableros en tiempo real: feeds de datos automatizados y visualización del estado del proyecto en vivo **IV:** Maintaining and evolving dashboards as the project progresses and information needs change

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar un tablero de control del rendimiento del proyecto con KPI relevantes para el uso del equipo y los interesados [Usar] **II:** Implementar radiadores de información que proporcionen transparencia del proyecto en tiempo real al equipo [Evaluar] **III:** Evaluate the effectiveness of a dashboard in communicating project health and recommend improvements [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.14 Trabajo Escalonado II, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Preparación y entrega del informe escalonado final del taller, consolidando la gestión de seguridad y medio ambiente, el planeamiento, el modelado BIM, la simulación de procesos constructivos y el control de costos, riesgos y oportunidades desarrollados en la segunda mitad del taller. **II:** Sustentación oral del trabajo final ante un jurado evaluador.

Objetivos de Aprendizaje I: Elaborar un informe escalonado final que consolide los hallazgos de las últimas etapas del taller [Usar]. **II:** Sustentar oralmente el trabajo final ante un jurado evaluador, respondiendo preguntas técnicas [Evaluar].

Bibliografía: [Institute, 2021]

6. Bibliografía

[Blank and Tarquin, 2017] Blank, L. and Tarquin, A. (2017). *Engineering Economy*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Callahan et al., 1992] Callahan, M. T., Quackenbush, D. G., and Rowings, J. E. (1992). *Construction Project Scheduling*. McGraw-Hill.

[de la Construcción (CAPECO), 2020] de la Construcción (CAPECO), C. P. (2020). Costos y presupuestos en edificación. Technical report, CAPECO.

[de las Contrataciones del Estado (OSCE), 2019] de las Contrataciones del Estado (OSCE), O. S. (2019). Ley de contrataciones del estado, ley n.° 30225, y su reglamento. Technical report, OSCE.

[de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, 2010] de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, M. (2010). Norma g.050: Seguridad durante la construcción. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[Eastman et al., 2018] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Lee, G. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. Wiley, 3rd edition.

[for Standardization, 2015] for Standardization, I. O. (2015). Iso 9001: Quality management systems – requirements. Technical report, ISO.

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

[Hinze, 2005] Hinze, J. W. (2005). *Construction Safety*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Project Management Institute, 7th edition.

[Neville, 2011] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson, 5th edition.

[Peurifoy et al., 2018] Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., and Jha, K. N. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C2 Tecnología de la Construcción II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)

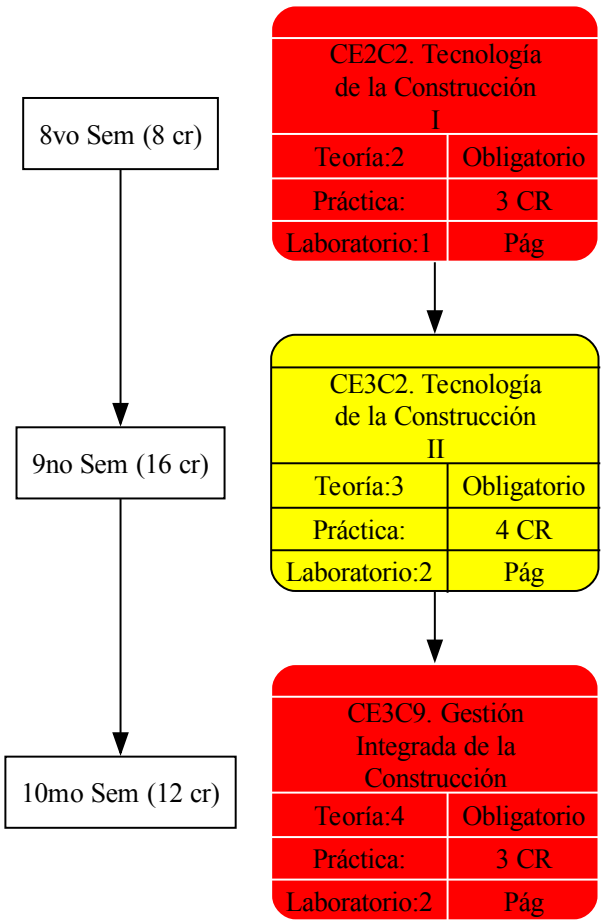


Figura 7.64: Mapa de Conexión. CE3C2 Tecnología de la Construcción II

2. Fundamentación

Tecnología de la Construcción II profundiza en los procesos constructivos de elementos estructurales: trazo y replanteo de obras, encofrados y sistemas de apuntalamiento, mecánica de suelos aplicada a cimentaciones, cimentaciones superficiales y profundas, albañilería estructural y no estructural, y el fierrería y armado de acero de refuerzo.

3. Objetivos del curso.

- Realizar el trazo y replanteo de una obra y diseñar los sistemas de encofrado y apuntalamiento necesarios.
- Aplicar la mecánica de suelos al diseño de cimentaciones superficiales y profundas.
- Ejecutar y supervisar procesos constructivos de albañilería estructural y no estructural.
- Diseñar y detallar el armado de acero de refuerzo para elementos de concreto armado.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Métodos, Equipos y Productividad de la Construcción, 20 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Operaciones de movimiento de tierras: excavación, acarreo, compactación y diagramas de masas **II:** Construcción de concreto: encofrados, colocación, acabado y curado **III:** Erección de acero, conexiones y procedimientos de seguridad **IV:** Tipos, capacidades y criterios de selección de equipos de construcción **V:** Medición de productividad, análisis de tiempo de ciclo y balance de cuadrillas **VI:** Métodos de construcción pesada para túneles, presas y puentes **VII:** Economía de equipos: propiedad vs. alquiler, depreciación y costo operativo **VIII:** Tecnologías sin zanja y sistemas de soporte para excavaciones profundas **IX:** Automatización y robótica en operaciones de construcción

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar equipo de construcción apropiado para tareas comunes de movimiento de tierras y manejo de materiales [Usar] **II:** Diseñar encofrados y apuntalamientos básicos para una losa o muro de concreto [Evaluar] **III:** Explicar la secuencia y consideraciones de seguridad para la erección de acero [Familiarizarse] **IV:** Calcular tasas de productividad y tiempos de ciclo para operaciones de equipo [Usar] **V:** Balancear una cuadrilla de construcción para optimizar la productividad de una tarea dada [Evaluar] **VI:** Comparar métodos de construcción para un proyecto de obra pesada como un túnel a cielo abierto (cut-and-cover) [Evaluar] **VII:** Analizar la vida económica y el costo horario de una pieza de equipo de construcción [Usar] **VIII:** Describir las aplicaciones y limitaciones de las tecnologías de construcción sin zanja [Familiarizarse] **IX:** Evaluar el potencial de la automatización para mejorar la seguridad y productividad en un sitio de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Peurifoy et al., 2018]

5.2 Resistencia al Corte y Consolidación, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Resistencia al corte de suelos y criterio de falla de Mohr-Coulomb **II:** Métodos de ensayo de corte directo y triaxial **III:** Comportamiento a resistencia al corte drenada y no drenada **IV:** Teoría de la consolidación y análisis de asentamientos **V:** Velocidad temporal de consolidación y grado de consolidación **VI:** Distribución de esfuerzos en masas de suelo usando teoría elástica **VII:** Conceptos de mecánica de suelos en estado crítico **VIII:** Resistencia al corte residual y sensibilidad de arcillas **IX:** Compresión secundaria y comportamiento por fluencia lenta **X:** Anisotropía y efectos de la trayectoria de esfuerzos en el comportamiento del suelo

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar el criterio de Mohr-Coulomb para determinar parámetros de resistencia al corte [Familiarizarse] **II:** Interpretar resultados de ensayos de corte directo y triaxial [Evaluar] **III:** Distinguir entre condiciones de carga drenadas y no drenadas [Usar] **IV:** Calcular asentamientos por consolidación usando teoría unidimensional [Evaluar] **V:** Predecir la velocidad temporal de asentamiento para suelos en consolidación [Usar] **VI:** Calcular la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas usando la teoría de Boussinesq [Evaluar] **VII:** Explicar los conceptos de estado crítico y su aplicación al comportamiento del suelo [Familiarizarse] **VIII:** Evaluar la resistencia residual y la sensibilidad para problemas de estabilidad de taludes [Evaluar] **IX:** Estimar la compresión secundaria para suelos altamente plásticos [Usar] **X:** Analizar los efectos de las trayectorias de esfuerzos y la anisotropía en la respuesta del suelo [Familiarizarse]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.3 Capacidad Portante y Diseño, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.4 Cimentaciones Profundas, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Tipos de pilotes y métodos de instalación **II:** Capacidad axial de pilotes individuales en suelos cohesivos y granulares **III:** Capacidad a carga lateral y método p-y **IV:** Comportamiento de grupos de pilotes y eficiencia del grupo **V:** Diseño de pilotes perforados y consideraciones de construcción **VI:** Fricción negativa y fuerzas de arrastre hacia abajo

Objetivos de Aprendizaje I: Seleccionar tipos de pilotes apropiados basándose en condiciones del suelo y cargas [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad axial de pilotes usando métodos estáticos [Evaluar] **III:** Analizar pilotes cargados lateralmente usando curvas p-y [Usar] **IV:** Evaluar la capacidad y asentamiento de grupos de pilotes [Evaluar] **V:** Diseñar cimentaciones con pilotes perforados, incluyendo diámetro y refuerzo del fuste [Usar] **VI:** Interpretar resultados de ensayos de carga en pilotes y verificar supuestos de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.5 Diseño de Estructuras de Mampostería, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Materiales de mampostería, unidades y propiedades del mortero **II:** Diseño de muros de mampostería no reforzada para compresión y flexión **III:** Diseño y detalles de mampostería reforzada **IV:** Diseño sísmico de estructuras de mampostería y madera

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar tipos de unidades de mampostería y especificar el mortero apropiado para aplicaciones [Familiarizarse] **II:** Diseñar muros de mampostería no reforzada para cargas gravitacionales y laterales [Evaluar] **III:** Dimensionar elementos de mampostería reforzada y especificar detalles del refuerzo [Usar] **IV:** Implementar disposiciones de diseño sísmico para edificios de mampostería y madera [Usar]

Bibliografía: [Drysdale and Hamid, 2008]

5.6 Diseño de Concreto Armado, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Filosofía de diseño y metodología de estados límite para estructuras de concreto **II:** Diseño a flexión de vigas rectangulares y en T **III:** Diseño a cortante y torsión de elementos de concreto **IV:** Elementos a compresión y diseño de columnas **V:** Diseño de losas, incluyendo sistemas unidireccionales y bidireccionales **VI:** Longitud de anclaje y empalmes del refuerzo **VII:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad para vigas y losas de concreto

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de cargas mayoradas [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas de concreto armado para flexión y verificar serviciabilidad [Evaluar] **III:** Calcular los requisitos de refuerzo por cortante y torsión [Usar] **IV:** Dimensionar columnas para carga axial y flexión biaxial [Evaluar] **V:** Diseñar sistemas de losas unidireccionales y bidireccionales con el refuerzo apropiado [Usar] **VI:** Determinar longitudes de desarrollo y diseñar empalmes por traslapo de barras de refuerzo [Evaluar] **VII:** Controlar deflexiones y verificar requisitos de serviciabilidad mediante un dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]

Bibliografía: [Institute, 2019]

5.7 Trazo y Replanteo de Obras, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Establecimiento y conservación de puntos de control horizontal y vertical **II:** Replanteo de ejes de la edificación, líneas de columnas y offsets de referencia **III:** Transferencia de cotas de diseño y bench marks a excavación y encofrado **IV:** Instrumentos de trazo: estación total, nivel automático/digital y receptores GNSS/GPS

Objetivos de Aprendizaje **I:** Establecer puntos de control horizontal y vertical para un terreno de construcción usando una estación total [Usar] **II:** Replantear los ejes de la edificación y la ubicación de columnas a partir de un plano de cimentación [Usar] **III:** Explicar el uso apropiado de receptores GNSS/GPS para tareas de trazo en obra [Familiarizarse]

Bibliografía: [Ghilani and Wolf, 2020]

5.8 Encofrados y Sistemas de Apuntalamiento, 14 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Presión lateral del concreto fresco sobre el encofrado y cargas de diseño **II:** Sistemas de encofrado para muros y columnas: paneles, encofrados unidos y trepantes **III:** Sistemas de encofrado para losas y vigas: convencional, volante y con mesas **IV:** Materiales de encofrado:

madera, contrachapado, encofrados prefabricados y sistemas metálicos modulares **V:** Diseño de apuntalamiento y cimbra: puntales, andamios de apuntalamiento y torres de apuntalamiento pesado **VI:** Procedimientos de reapuntalamiento en edificaciones de varios niveles **VII:** Criterios de tiempo de desencofrado según la ganancia de resistencia del concreto **VIII:** Consideraciones de seguridad en el montaje y desmontaje de encofrados y apuntalamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular la presión lateral del concreto fresco sobre el encofrado de un muro para una velocidad de vaciado dada [Evaluar] **II:** Diseñar el encofrado de un muro o columna, incluyendo tablero, parantes y amarres, para una presión especificada [Evaluar] **III:** Seleccionar un sistema de encofrado de losa apropiado para una planta y ciclo de trabajo dados [Usar] **IV:** Diseñar un sistema de apuntalamiento, incluyendo el espaciamiento de puntales y la trayectoria de carga, para una losa elevada [Evaluar] **V:** Planificar una secuencia de reapuntalamiento para un edificio de concreto de varios niveles [Usar] **VI:** Determinar el tiempo mínimo de desencofrado según el desarrollo de resistencia del concreto [Evaluar]

Bibliografía: [Hurd, 2005, Peurifoy et al., 2018]

5.9 Fierrería y Armado de Acero de Refuerzo, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Interpretación de planos estructurales y planillas de habilitación de acero (BBS) **II:** Doblado y corte de fierro según ganchos, dobleces y tolerancias de fabricación estándar **III:** Métodos de empalme: traslape, conectores mecánicos y empalme soldado **IV:** Colocación, apoyo (silletas/separadores) y amarre del acero de refuerzo **V:** Tolerancias de recubrimiento de concreto y espaciamiento de fierro para durabilidad y desempeño estructural **VI:** Control de calidad e inspección en obra del armado antes del vaciado de concreto

Objetivos de Aprendizaje I: Interpretar una planilla de habilitación de acero y un plano estructural para fabricar fierro de refuerzo [Usar] **II:** Seleccionar un método de empalme apropiado para un diámetro de fierro y ubicación dados [Evaluar] **III:** Colocar y amarrar el acero de refuerzo cumpliendo las tolerancias especificadas de recubrimiento y espaciamiento [Usar] **IV:** Inspeccionar un armado de acero terminado para verificar su conformidad antes de autorizar el vaciado de concreto [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2020, Institute, 2019]

6. Bibliografía

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Drysdale and Hamid, 2008] Drysdale, R. G. and Hamid, A. A. (2008). *Masonry Structures: Behavior and Design*. Masonry Society, 3rd edition.

[Ghilani and Wolf, 2020] Ghilani, C. D. and Wolf, P. R. (2020). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson, 15th edition.

[Hurd, 2005] Hurd, M. K. (2005). *Formwork for Concrete*. American Concrete Institute, 7th edition. ACI SP-4.

[Institute, 2019] Institute, A. C. (2019). Aci 318: Building code requirements for structural concrete. Technical report, American Concrete Institute.

[Institute, 2020] Institute, C. R. S. (2020). Manual of standard practice. Technical report, Concrete Reinforcing Steel Institute.

[Peurifoy et al., 2018] Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., and Jha, K. N. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)

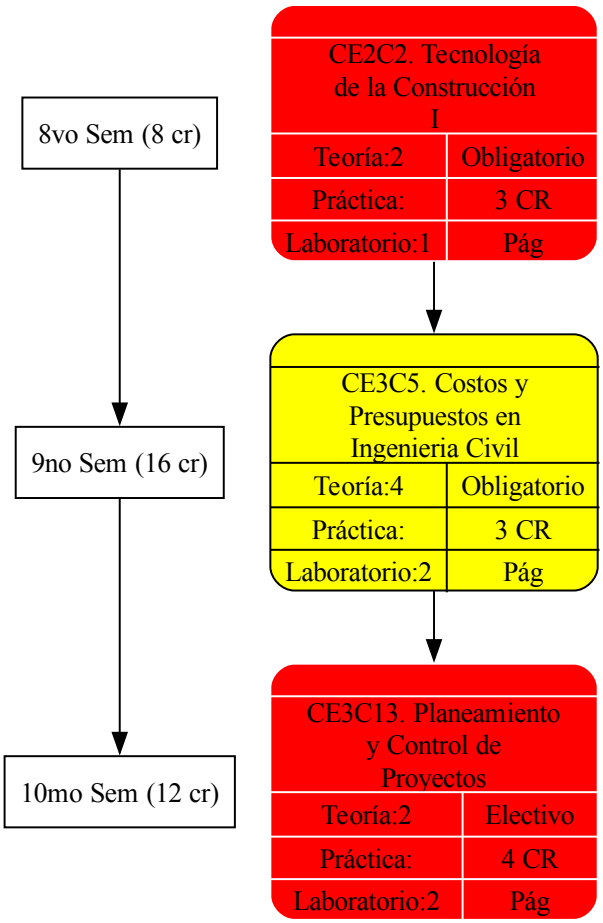


Figura 7.65: Mapa de Conexión. CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil

2. Fundamentación

Costos y Presupuestos profundiza en la gestión económica y el control de obras: análisis del expediente técnico, metrados por especialidad, análisis de costos unitarios, costos directos e indirectos, presupuestos, licitación y control de costos, junto con los mecanismos para reajustar los precios contractuales por escalamiento de costos y para certificar y pagar el trabajo efectivamente ejecutado: fórmula polinómica de reajuste y valorizaciones mensuales.

3. Objetivos del curso.

- Analizar el expediente técnico y elaborar metrados por especialidad.
- Elaborar presupuestos de obra distinguiendo costos directos e indirectos, y analizar una oferta competitiva.
- Ejercer el control económico de un proyecto de construcción mediante el seguimiento de costos y la gestión del flujo de caja.
- Aplicar la fórmula polinómica de reajuste y elaborar valorizaciones mensuales para un contrato de construcción.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Estimación y Cuantificación de Costos de Construcción, 54 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de estimación: conceptual, preliminar y detallada **II:** Métodos de cubicación a partir de planos y modelos digitales **III:** Componentes de precios: mano de obra, materiales, equipo y gastos generales **IV:** Técnicas de estimación paramétrica y probabilística **V:** Análisis del costo del ciclo de vida para sistemas de edificación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar una cubicación detallada de concreto, encofrado y acero de refuerzo a partir de planos de construcción [Usar] **II:** Preparar una estimación de precios unitarios para un paquete de trabajo definido [Evaluar] **III:** Aplicar modelos paramétricos para desarrollar una estimación de costo conceptual para un edificio [Evaluar] **IV:** Realizar un análisis del costo del ciclo de vida para comparar dos sistemas alternativos de envolvente del edificio [Usar]

Bibliografía: [Peurifoy et al., 2018, de la Construcción (CAPECO), 2020]

5.2 Presupuestos, Licitación y Control Financiero de la Construcción, 44 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Procesos de preparación, presentación y análisis de ofertas **II:** Pronóstico y gestión del flujo de caja para proyectos de construcción **III:** Ingeniería de valor y análisis de constructabilidad **IV:** Estados financieros y métricas de desempeño para empresas constructoras

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los componentes y la estructura típica de márgenes de una oferta competitiva [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un pronóstico de flujo de caja mensual para un proyecto de construcción [Usar] **III:** Realizar un taller de ingeniería de valor para identificar alternativas de ahorro de costos sin sacrificar la función [Evaluar] **IV:** Interpretar ratios financieros clave para evaluar la salud de una empresa constructora [Familiarizarse]

Bibliografía: [Peurifoy et al., 2018, de la Construcción (CAPECO), 2020]

5.3 Reajuste de Precios y Valorizaciones, 32 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Fórmula polinómica de reajuste: estructura, coeficientes de incidencia y componentes representativos del costo unitario **II:** Índices unificados de precios de la construcción: ciclo de publicación, fuente y aplicación en la fórmula de reajuste **III:** Valorizaciones mensuales: medición de metrados ejecutados y certificación para el pago **IV:** Adelantos y retenciones: cálculo y cronograma de amortización dentro de las valorizaciones **V:** Discrepancias en el cálculo de reajustes y valorizaciones: fuentes comunes de desacuerdo y mecanismos de resolución

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el precio contractual reajustado de una partida usando una fórmula polinómica de reajuste e índices oficiales de costos [Usar] **II:** Preparar una valorización mensual certificando los metrados ejecutados para el pago [Usar] **III:** Explicar el rol de los adelantos y las retenciones en un cronograma de pagos de valorización [Familiarizarse] **IV:** Resolver una discrepancia en el cálculo de un reajuste aplicando correctamente las reglas de escalamiento por índices [Evaluar]

Bibliografía: [de la Construcción (CAPECO), 2020]

6. Bibliografía

[de la Construcción (CAPECO), 2020] de la Construcción (CAPECO), C. P. (2020). Costos y presupuestos en edificación. Technical report, CAPECO.

[Peurifoy et al., 2018] Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., and Jha, K. N. (2018). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill, 9th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)

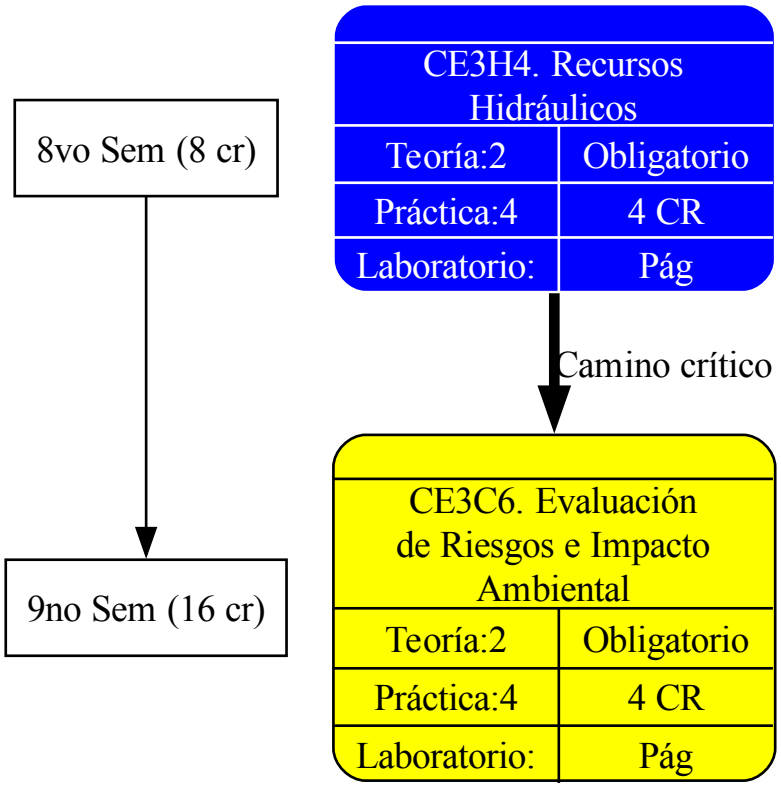


Figura 7.66: Mapa de Conexión. CE3C6 Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental

2. Fundamentación

Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental introduce el proceso sistemático de identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos ambientales de los proyectos de ingeniería civil antes de que se tomen decisiones importantes, junto con la identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo y el uso de matrices de riesgo de probabilidad x consecuencia para priorizarlos y formular planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales. El curso también desarrolla la evaluación especializada de impactos en ríos, zonas costeras y marítimas, y lagos o embalses, característicos de la infraestructura de recursos hídricos. Cubre el proceso de EIA (tamizaje, alcance, predicción de impactos, mitigación y participación pública), la evaluación de riesgos ambientales, las métricas de

sostenibilidad y el análisis de decisión multicriterio, y el marco normativo y de permisos peruano (ANA, SENACE, DICAPI) que rige las obras adyacentes a cuerpos de agua.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar las etapas de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental a un proyecto de ingeniería civil.
- Predecir y evaluar los impactos ambientales de un proyecto sobre el aire, el agua, el suelo y los sistemas ecológicos.
- Diseñar medidas de mitigación y planes de gestión ambiental para los impactos identificados.
- Identificar peligros ambientales y fuentes de riesgo, y aplicar una matriz de riesgo para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto.
- Evaluar los impactos hidromorfológicos y ecológicos específicos de obras ubicadas en medios fluviales, marítimos y lacustres.
- Determinar los requerimientos de caudal ecológico y aplicar el marco peruano de permisos para proyectos adyacentes a cuerpos de agua.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 40 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.2 Evaluación de Impacto Ambiental en Medios Fluviales, Marítimos y Lacustres, 32 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Impactos de obras adyacentes a ríos (puentes, protección de riberas, dragado) sobre la morfología fluvial, el régimen de sedimentos y el hábitat acuático **II:** Impactos de obras portuarias, costeras y marítimas sobre corrientes, transporte de sedimentos, calidad del agua y ecosistemas marinos **III:** Impactos de obras en lagos y embalses: eutrofización, estratificación térmica, sedimentación y alteración del hábitat litoral **IV:** Requerimientos de caudal ecológico para ríos afectados por infraestructura hídrica **V:** Marco peruano de permisos para obras adyacentes a cuerpos de agua (autorizaciones de uso y vertimiento de la ANA, certificación del SENACE, habilitación de DICAPI para navegación marítima/fluvial)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los impactos hidromorfológicos y ecológicos propios de los medios fluviales, marítimos y lacustres [Familiarizarse] **II:** Evaluar el impacto ambiental de una obra civil adyacente a un río, zona costera o lago sobre su medio acuático [Usar] **III:** Determinar los requerimientos de caudal ecológico de un tramo de río afectado por un proyecto de infraestructura hídrica [Evaluar] **IV:** Identificar los requisitos peruanos de permisos aplicables a un proyecto adyacente a un cuerpo de agua [Usar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.3 Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua, 16 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Fundamentos de la ciencia del clima y reducción de escala de proyecciones de modelos climáticos globales **II:** Impactos hidrológicos del cambio climático: intensidad de precipitación, sequía y derretimiento de nieve **III:** Marcos de evaluación de vulnerabilidad y riesgo para infraestructura hídrica **IV:** Adaptación del sistema de suministro de agua: diversificación de fuentes y gestión de la demanda **V:** Adaptación del sistema de drenaje pluvial para lluvias de mayor intensidad **VI:** Estrategias de adaptación costera: retiro gestionado, estructuras de protección y soluciones basadas en la naturaleza **VII:** Toma de decisiones bajo incertidumbre y vías de gestión adaptativa **VIII:** Estándares y códigos de diseño de infraestructura bajo condiciones climáticas no estacionarias **IX:** Evaluación económica de opciones de adaptación y mecanismos de financiamiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Interpretar proyecciones climáticas reducidas de escala para variables hidrológicas clave [Familiarizarse] **II:** Evaluar la vulnerabilidad de un sistema de suministro de agua a cambios proyectados en la frecuencia de sequías [Evaluar] **III:** Rediseñar una alcantarilla de drenaje pluvial para una mayor intensidad de lluvia de diseño basada en proyecciones climáticas [Usar] **IV:** Describir estrategias de adaptación para gestionar la demanda urbana de agua bajo escasez hídrica [Familiarizarse] **V:** Comparar opciones de ingeniería duras y blandas (basadas en la naturaleza) para la protección contra inundaciones costeras [Evaluar] **VI:** Desarrollar un plan de gestión adaptativa para un embalse que enfrenta regímenes futuros de afluencia inciertos [Usar] **VII:** Proponer revisiones a los estándares de diseño de infraestructura para incorporar resiliencia climática [Evaluar] **VIII:** Realizar un análisis costo-beneficio para un portafolio de medidas de adaptación de infraestructura hídrica [Usar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

6. Bibliografía

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)

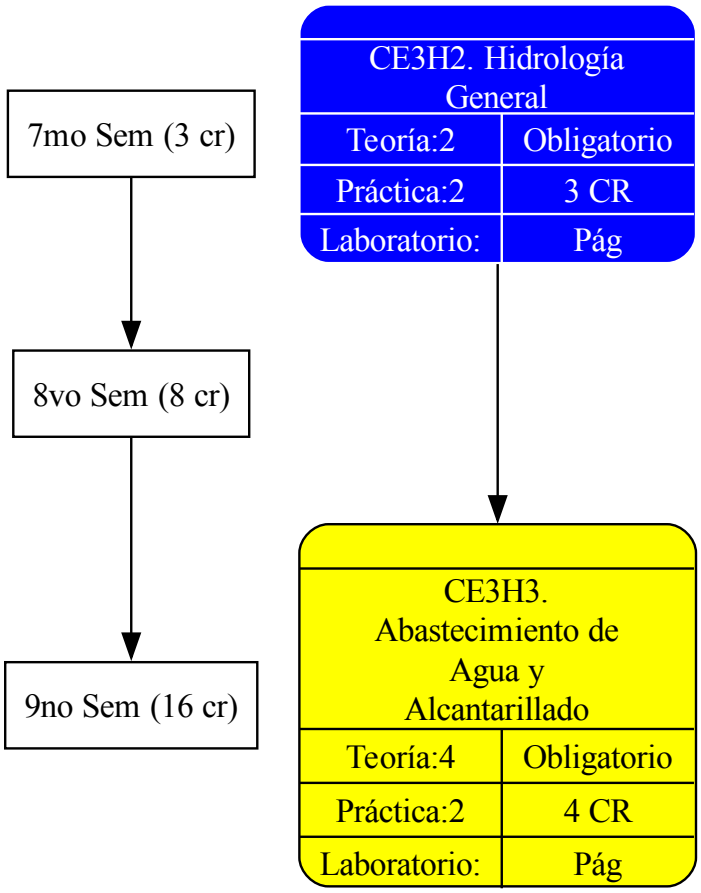


Figura 7.67: Mapa de Conexión. CE3H3 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado

2. Fundamentación

Abastecimiento de Agua y Alcantarillado es un curso integrador que reúne conocimientos de hidrología, hidráulica, geotecnia, ciencia de materiales, química ambiental, estadística, optimización y gestión de proyectos para el diseño de sistemas urbanos de agua potable y saneamiento. El estudiante aplica esta base multidisciplinaria a la proyección de demanda, el diseño de redes de distribución y alcantarillado, el tratamiento de agua y aguas residuales, y la evaluación de la sostenibilidad e impacto ambiental de estos sistemas.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar principios de hidrología, mecánica de fluidos y geotecnia al diseño de sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado.
- Diseñar redes de distribución de agua potable y sistemas de alcantarillado, incluyendo la selección de materiales y estructuras hidráulicas asociadas.
- Aplicar herramientas estadísticas, de optimización y de teoría de grafos al dimensionamiento y trazado de redes.
- Evaluar la sostenibilidad, el impacto ambiental y la viabilidad económica de proyectos de agua y saneamiento.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico **II:** Medición y análisis de precipitación **III:** Estimación de evaporación y evapotranspiración **IV:** Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse] **II:** Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar] **III:** Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar] **IV:** Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

5.2 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario **II:** Modelación de cuencas y simulación hidrológica **III:** Medición de caudal y técnicas de aforo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar] **II:** Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar] **III:** Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

5.3 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño **II:** Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses **III:** Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar] **II:** Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar] **III:** Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988]

5.4 Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Principios de química acuática: acidez, alcalinidad, dureza y capacidad amortiguadora **II:** Equilibrios y cinética química relevantes para procesos ambientales **III:** Metabolismo microbiano, crecimiento y clasificación en contextos ambientales **IV:** Ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre **V:** Indicadores de calidad del agua y métodos analíticos estándar **VI:** Química de coloides y superficies para el destino y transporte de contaminantes **VII:** Toxicología y evaluación de riesgo de contaminantes ambientales **VIII:** Herramientas de biología molecular para aplicaciones en ingeniería ambiental **IX:** Modelación del destino y transporte de contaminantes en sistemas diseñados y naturales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular pH, intensidad amortiguadora y especiación química en sistemas acuáticos [Usar] **II:** Explicar el rol de grupos microbianos clave en el tratamiento de aguas residuales y el ciclaje biogeoquímico [Familiarizarse] **III:** Aplicar balance de masa y cinética de reacción a sistemas ambientales [Evaluar] **IV:** Describir los pasos principales y la importancia ambiental de los ciclos del nitrógeno y fósforo [Familiarizarse] **V:** Interpretar datos de calidad del agua de reportes analíticos estándar [Usar] **VI:** Analizar el rol de los procesos coloidales e interfaciales en la remoción de contaminantes [Evaluar] **VII:** Definir parámetros y conceptos toxicológicos clave usados en la evaluación de riesgo ambiental [Familiarizarse] **VIII:** Evaluar la aplicación de técnicas moleculares para el monitoreo de sistemas biológicos diseñados [Evaluar] **IX:** Modelar el destino y transporte de un contaminante conservativo en un compartimento ambiental simple [Usar]

Bibliografía: [Davis and Cornwell, 2010]

5.5 Dinámica de Poblaciones, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Modelos de crecimiento exponencial y logístico; capacidad de carga y efecto Allee **II:** Modelos depredador-presa y de competición de Lotka-Volterra; equilibrios y análisis de estabilidad **III:** Modelos estructurados por edad: matrices de Leslie y ecuación de Euler-Lotka **IV:** Modelos de reacción-difusión y ondas viajeras en ecología espacial (ecuación de Fisher-KPP) **V:** Dinámica evolutiva: ecuaciones de replicador, teoría de juegos y ecuación de Price

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar la estabilidad de los equilibrios en sistemas de Lotka-Volterra mediante linealización y retratos de fase [Familiarizarse] **II:** Construir modelos de población estructurados por edad usando matrices de Leslie y calcular tasas de crecimiento a largo plazo [Usar] **III:** Aplicar la teoría de reacción-difusión para modelar la propagación espacial de una especie invasora usando la ecuación de Fisher-KPP [Evaluar]

Bibliografía: [Eddy et al., 2013]

5.6 Estadística Matemática y Teoría de Estimación, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Estimación puntual: Método de Momentos y Estimación de Máxima Verosimilitud **II:** Construcción e interpretación de intervalos de confianza en pruebas de ingeniería **III:** Prueba de hipótesis para control de calidad y validación de procesos en ingeniería **IV:** Regresión lineal y no lineal para ajuste de datos de ingeniería **V:** Introducción al Diseño de Experimentos (DoE) para la optimización en ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar estimadores de máxima verosimilitud para parámetros de modelos de falla en ingeniería [Usar] **II:** Verificar la significancia estadística de los resultados de pruebas de ingeniería mediante pruebas de hipótesis [Evaluar] **III:** Construir intervalos de confianza para parámetros clave de procesos a partir de datos experimentales [Usar] **IV:** Aplicar regresión lineal para modelar y predecir el desempeño de ingeniería a partir de datos medidos [Evaluar]

Bibliografía: [Ang and Tang, 2007]

5.7 Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Interés compuesto: funciones de acumulación, tasas efectivas y nominales, y fuerza de interés **II:** Anualidades vencidas y anticipadas: valores actuales y acumulados, perpetuidades **III:** Valoración de bonos: relación precio-rendimiento, duración, convexidad y planes de amortización **IV:** Curvas de rendimiento: tasas spot, tasas forward y métodos de bootstrap para la estructura de plazos **V:** Inmunización de carteras: condiciones de Redington y emparejamiento de flujos de efectivo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el valor actual y el valor acumulado de anualidades bajo varios supuestos de tasa de interés [Familiarizarse] **II:** Valorar bonos usando la relación precio-rendimiento y calcular la duración y convexidad para la sensibilidad a la tasa de interés [Usar] **III:** Construir una cartera que satisfaga las condiciones de inmunización de Redington frente a desplazamientos paralelos de la curva de rendimiento [Evaluar]

Bibliografía: [Blank and Tarquin, 2017]

5.8 Sistemas de Agua Urbanos, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Estimación de demanda de agua y diseño de sistemas de distribución **II:** Análisis y modelación de redes de distribución **III:** Consideraciones de calidad del agua en sistemas de distribución **IV:** Estimación de escorrentía pluvial usando el método racional **V:** Diseño y análisis hidráulico de alcantarillado pluvial **VI:** Prácticas óptimas de gestión de drenaje urbano **VII:** Modelación avanzada de sistemas de distribución de agua **VIII:** Diseño de instalaciones de detención y retención **IX:** Infraestructura verde y desarrollo de bajo impacto **X:** Sistemas de alcantarillado combinado y control de desbordamientos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Estimar demandas de agua y diseñar la capacidad del sistema de distribución [Evaluar] **II:** Analizar redes de distribución para presión y caudal adecuados [Usar] **III:** Abordar problemas de calidad del agua, incluyendo desinfección y corrosión [Familiarizarse] **IV:** Calcular escorrentía pluvial usando el método racional [Evaluar] **V:** Diseñar sistemas de alcantarillado pluvial siguiendo principios de la línea de gradiente hidráulico [Usar] **VI:** Implementar prácticas óptimas de gestión de aguas pluviales para control de escorrentía [Evaluar] **VII:** Desarrollar modelos avanzados de distribución de agua para optimización del sistema [Usar] **VIII:** Dimensionar cuencas de detención y retención para reducción de caudal pico [Evaluar] **IX:** Aplicar técnicas de infraestructura verde para gestión sostenible de aguas pluviales [Usar]

X: Evaluar problemas de desbordamientos de alcantarillado combinado y diseñar medidas de control [Evaluar]

Bibliografía: [Eddy et al., 2013, White, 2016]

5.9 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [Novak et al., 2007]

5.10 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Planificación de la investigación y determinación del alcance **II:** Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo **III:** Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas **IV:** Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones **V:** Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos **VI:** Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono **VII:** Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro **VIII:** Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad **IX:** Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros **X:** Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos **XI:** Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación **XII:** Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] **II:** Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] **III:** Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] **IV:** Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] **V:** Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] **VI:** Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] **VII:** Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] **VIII:** Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] **IX:** Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] **X:** Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] **XI:** Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar] **XII:** Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.11 Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach **II:** Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías **III:** Métodos de análisis de redes de tuberías **IV:** Características de bombas y curvas del sistema **V:** Selección de bombas y requisitos de instalación **VI:** Golpe de ariete y análisis de transitorios **VII:** Diseño de tuberías y selección de materiales **VIII:** Bombas de velocidad variable y eficiencia energética **IX:** Modelación y optimización de redes **X:** Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar] **II:** Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar] **III:** Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar] **IV:** Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar] **V:** Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar] **VI:** Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar] **VII:** Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar] **VIII:** Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar] **IX:** Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar] **X:** Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]

Bibliografía: [White, 2016, Ávila, 2002]

5.12 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales **II:** Carga axial y deformación de elementos **III:** Torsión de secciones circulares y no circulares **IV:** Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas **V:** Distribución del esfuerzo cortante en vigas **VI:** Carga combinada y transformación de esfuerzos **VII:** Pandeo de columnas y análisis de estabilidad **VIII:** Mecánica de fatiga y fractura **IX:** Comportamiento elástico y plástico de los materiales **X:** Métodos energéticos para análisis estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] **II:** Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] **III:** Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] **IV:** Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] **V:** Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] **VI:** Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] **VII:** Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] **VIII:** Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] **IX:** Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] **X:** Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]

Bibliografía: [Hibbeler, 2017]

5.13 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación **II:** Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas **III:** Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción **IV:** Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación **V:** Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras **VI:** Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia **VII:** Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz **VIII:** Ingeniería forense y evaluación de daños **IX:** Ensayos y enfoques de especificación

basados en el desempeño **X:** Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar] **II:** Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar] **III:** Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar] **IV:** Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar] **V:** Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse] **VI:** Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar] **VII:** Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar] **VIII:** Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar] **IX:** Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar] **X:** Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.14 Ciencia de Materiales de Construcción, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, incluyendo densidad, porosidad, resistencia y elasticidad **II:** Microestructura y composición de fases de los materiales de construcción **III:** Mecanismos de durabilidad, incluyendo intemperismo, ataque químico y degradación ambiental **IV:** Propiedades térmicas e higrotérmicas de los materiales de construcción **V:** Estructuras cristalinas y amorfas en los materiales de construcción **VI:** Criterios de selección de materiales basados en requisitos de desempeño **VII:** Mecanismos de degradación y predicción de la vida útil

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las propiedades físicas y mecánicas fundamentales de los principales materiales de construcción [Familiarizarse] **II:** Analizar la relación entre la microestructura y las propiedades macroscópicas de los materiales [Evaluar] **III:** Evaluar el desempeño en durabilidad de los materiales bajo condiciones ambientales específicas [Usar] **IV:** Explicar los efectos de las variaciones térmicas e higrotérmicas en el comportamiento de los materiales [Familiarizarse] **V:** Seleccionar materiales de construcción apropiados basándose en especificaciones de diseño y criterios de desempeño [Evaluar] **VI:** Predecir la vida útil y los patrones de degradación de los materiales en diversos entornos [Usar]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.15 Química del Estado Sólido y Materiales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Sistemas cristalinos, redes de Bravais e índices de Miller para materiales de ingeniería **II:** Difracción de rayos X para la determinación de estructuras cristalinas e identificación de fases **III:** Compuestos iónicos: estructuras cristalinas y energías de red **IV:** Sólidos metálicos y covalentes de red: enlace y propiedades de ingeniería **V:** Defectos puntuales, vacantes, intersticiales y no estequiometría en sólidos de ingeniería **VI:** Teoría de bandas y propiedades electrónicas de conductores, semiconductores y aislantes de ingeniería **VII:** Métodos de síntesis de materiales inorgánicos de ingeniería: reacciones en estado sólido, sol-gel y CVD

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los sistemas cristalinos y describir las operaciones de simetría en materiales sólidos de ingeniería [Familiarizarse] **II:** Interpretar patrones de difracción de rayos X para identificar fases cristalinas y determinar los parámetros de la celda unitaria [Usar] **III:** Calcular energías de red usando ciclos de Born-Haber para compuestos iónicos de ingeniería [Usar] **IV:** Explicar cómo los defectos puntuales controlan la difusión, la conductividad y la corrosión en materiales de ingeniería [Evaluar] **V:** Aplicar la teoría de bandas para predecir y

diseñar las propiedades eléctricas de materiales sólidos [Evaluar] **VI:** Seleccionar métodos de síntesis apropiados para la producción de materiales inorgánicos de ingeniería específicos [Usar]

Bibliografía: [Callister and Rethwisch, 2020]

5.16 Algoritmos de Optimización, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Descenso por gradiente y métodos de búsqueda lineal: condiciones de Armijo-Wolfe y tasas de convergencia **II:** Método de Newton y métodos cuasi-Newton (BFGS, L-BFGS) **III:** Optimización con restricciones: condiciones KKT, métodos de penalización y programación cuadrática secuencial **IV:** Algoritmos de optimización convexa: métodos de punto interior y método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM) **V:** Descenso de gradiente estocástico (SGD), reducción de varianza y optimizador Adam

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las garantías de convergencia del descenso por gradiente para funciones convexas suaves [Familiarizarse] **II:** Aplicar los métodos de Newton y cuasi-Newton a problemas de optimización sin restricciones [Usar] **III:** Formular un problema de optimización con restricciones como un sistema KKT y aplicar un método de punto interior [Evaluar]

Bibliografía: [Nocedal and Wright, 2006]

5.17 Teoría de Grafos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Grafos: definiciones, isomorfismo, sucesiones de grados, árboles y árboles generadores **II:** Conectividad, teorema de Menger y flujos en redes (flujo máximo-corte mínimo) **III:** Emparejamientos (teorema de Hall), coloraciones de grafos y el polinomio cromático **IV:** Grafos planares, fórmula de Euler, teorema de Kuratowski y el teorema de los cuatro colores **V:** Matrices de adyacencia y laplaciana, valores propios y grafos expandidores

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar propiedades estructurales de grafos (conectividad, planaridad, bipartitud) y aplicar la fórmula de Euler [Familiarizarse] **II:** Aplicar el teorema de matrimonio de Hall y algoritmos de flujo en redes a problemas de emparejamiento y enrutamiento [Usar] **III:** Analizar el espectro de un grafo para acotar su número cromático y sus propiedades de conectividad [Evaluar]

Bibliografía: [West, 2001]

5.18 Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Fundamentos de la ciencia del clima y reducción de escala de proyecciones de modelos climáticos globales **II:** Impactos hidrológicos del cambio climático: intensidad de precipitación, sequía y derretimiento de nieve **III:** Marcos de evaluación de vulnerabilidad y riesgo para infraestructura hídrica **IV:** Adaptación del sistema de suministro de agua: diversificación de fuentes y gestión de la demanda **V:** Adaptación del sistema de drenaje pluvial para lluvias de mayor intensidad **VI:** Estrategias de adaptación costera: retiro gestionado, estructuras de protección y soluciones basadas en la naturaleza **VII:** Toma de decisiones bajo incertidumbre y vías de gestión adaptativa **VIII:** Estándares y códigos de diseño de infraestructura bajo condiciones climáticas no estacionarias **IX:** Evaluación económica de opciones de adaptación y mecanismos de financiamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Interpretar proyecciones climáticas reducidas de escala para variables hidrológicas clave [Familiarizarse] **II:** Evaluar la vulnerabilidad de un sistema de suministro de agua a cambios proyectados en la frecuencia de sequías [Evaluar] **III:** Rediseñar una alcantarilla de drenaje pluvial para una mayor intensidad de lluvia de diseño basada en proyecciones

climáticas [Usar] **IV:** Describir estrategias de adaptación para gestionar la demanda urbana de agua bajo escasez hídrica [Familiarizarse] **V:** Comparar opciones de ingeniería duras y blandas (basadas en la naturaleza) para la protección contra inundaciones costeras [Evaluar] **VI:** Desarrollar un plan de gestión adaptativa para un embalse que enfrenta regímenes futuros de afluencia inciertos [Usar] **VII:** Proponer revisiones a los estándares de diseño de infraestructura para incorporar resiliencia climática [Evaluar] **VIII:** Realizar un análisis costo-beneficio para un portafolio de medidas de adaptación de infraestructura hídrica [Usar]

Bibliografía: [Davis and Cornwell, 2010]

5.19 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos **II:** Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos **III:** Flujo uniforme y ecuación de Manning **IV:** Flujo crítico y conceptos de energía específica **V:** Perfiles de flujo gradualmente variado **VI:** Salto hidráulico y flujo rápidamente variado **VII:** Diseño de cauces para conducción estable **VIII:** Transporte de sedimentos en canales abiertos **IX:** Morfología fluvial y estabilidad de cauces **X:** Análisis de socavación y medidas de protección

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar] **III:** Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar] **IV:** Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar] **V:** Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar] **VI:** Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar] **VII:** Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar] **VIII:** Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar] **IX:** Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse] **X:** Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]

Bibliografía: [Chow, 1959]

5.20 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas

clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.21 Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Envolventes de edificio de alto desempeño y estrategias de diseño pasivo **II:** Modelado energético, sistemas HVAC eficientes y generación renovable in situ **III:** Eficiencia del agua: accesorios de bajo flujo, captación de agua pluvial y reúso de agua gris **IV:** Calidad ambiental interior (IEQ): confort térmico, iluminación natural y calidad del aire **V:** Diseño sostenible de sitio: gestión de aguas pluviales, reducción de isla de calor, preservación de hábitat **VI:** Diseño de edificio de energía y agua neto cero **VII:** Tecnologías de edificios inteligentes y IoT para optimización operacional **VIII:** Sostenibilidad urbana: desarrollo orientado al transporte, densidad y planificación de usos mixtos **IX:** Sistemas de certificación de edificación sostenible: LEED, BREEAM, Living Building Challenge

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar una sección de edificio que ilustre estrategias clave de calefacción y enfriamiento pasivo [Evaluar] **II:** Dimensionar un sistema de captación de agua pluvial para un área de techo y demanda determinadas [Usar] **III:** Explicar los parámetros clave que afectan la calidad del aire interior y el confort térmico [Familiarizarse] **IV:** Desarrollar un plan de sitio que minimice superficies impermeables e incorpore infraestructura verde [Usar] **V:** Modelar el uso de energía de un edificio para demostrar un camino hacia energía neta cero [Evaluar] **VI:** Describir cómo un sistema de automatización de edificios puede optimizar el uso de energía y agua [Familiarizarse] **VII:** Planificar un nodo de desarrollo orientado al transporte (TOD) para reducir la dependencia vehicular [Evaluar] **VIII:** Preparar documentación para un proyecto orientado a un nivel específico de certificación LEED [Usar]

Bibliografía: [Kibert, 2016]

5.22 Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Parámetros de calidad del agua y estándares regulatorios para agua potable y efluentes de aguas residuales **II:** Procesos de tratamiento físico: cribado, sedimentación, flotación y filtración **III:** Procesos de tratamiento químico: coagulación, floculación, desinfección y ajuste de pH **IV:** Principios de tratamiento biológico: sistemas de crecimiento suspendido (lodos activados) y crecimiento adherido (filtros percoladores) **V:** Selección de procesos y criterios de diseño basados en las características del agua fuente o las aguas residuales **VI:** Procesos de tratamiento avanzado: filtración por membranas, oxidación avanzada y remoción de nutrientes (N y P) **VII:** Manejo, tratamiento y disposición de lodos y biosólidos **VIII:** Diseño de la disposición de la planta, perfil hidráulico y sistema de bombeo **IX:** Pretratamiento de aguas residuales industriales y estrategias de remoción de contaminantes específicos **X:** Control de procesos, monitoreo y solución de problemas en plantas de tratamiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los parámetros clave de calidad del agua y su importancia para la salud humana y el medio ambiente [Familiarizarse] **II:** Seleccionar procesos unitarios físicos y químicos apropiados para un objetivo dado de tratamiento de agua o aguas residuales

[Evaluar] **III:** Diseñar componentes fundamentales de plantas de tratamiento de agua, como cámaras de mezcla rápida, floculadores y tanques de sedimentación [Usar] **IV:** Explicar los mecanismos biológicos y parámetros operativos de los sistemas de lodos activados [Familiarizarse] **V:** Dimensionar unidades de tratamiento primario y secundario basándose en caudales y carga de contaminantes [Evaluar] **VI:** Diseñar trenes de tratamiento avanzado para reúso de agua o límites estrictos de descarga de nutrientes [Usar] **VII:** Evaluar alternativas de gestión de lodos y seleccionar métodos apropiados de espesamiento/deshidratación [Evaluar] **VIII:** Desarrollar perfiles hidráulicos y especificaciones de bombas para la disposición de plantas de tratamiento [Usar] **IX:** Proponer estrategias de pretratamiento para corrientes específicas de aguas residuales industriales [Evaluar] **X:** Implementar estrategias básicas de control de procesos para optimizar el desempeño de la planta de tratamiento [Usar]

Bibliografía: [Eddy et al., 2013]

6. Bibliografía

[Ang and Tang, 2007] Ang, A. H.-S. and Tang, W. H. (2007). *Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*. Wiley, 2nd edition.

[Blank and Tarquin, 2017] Blank, L. and Tarquin, A. (2017). *Engineering Economy*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Callister and Rethwisch, 2020] Callister, W. D. and Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley, 10th edition.

[Chow, 1959] Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

[Chow et al., 1988] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Davis and Cornwell, 2010] Davis, M. L. and Cornwell, D. A. (2010). *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw-Hill, 5th edition.

[Eddy et al., 2013] Eddy, M. ., Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., and Burton, F. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill, 5th edition.

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

[Hibbeler, 2017] Hibbeler, R. (2017). *Mechanics of Materials*. Pearson, 10th edition.

[Kibert, 2016] Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Wiley, 5th edition.

[Neville, 2011] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson, 5th edition.

[Nocedal and Wright, 2006] Nocedal, J. and Wright, S. J. (2006). *Numerical Optimization*. Springer, 2nd edition.

[Novak et al., 2007] Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., and Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. Taylor & Francis, 4th edition.

[West, 2001] West, D. B. (2001). *Introduction to Graph Theory*. Prentice Hall, 2nd edition.

[White, 2016] White, F. M. (2016). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Ávila, 2002] Ávila, G. S. (2002). *Hidráulica General, Tomo I: Fundamentos*. Limusa, 2da edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S1 Análisis Estructural II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)

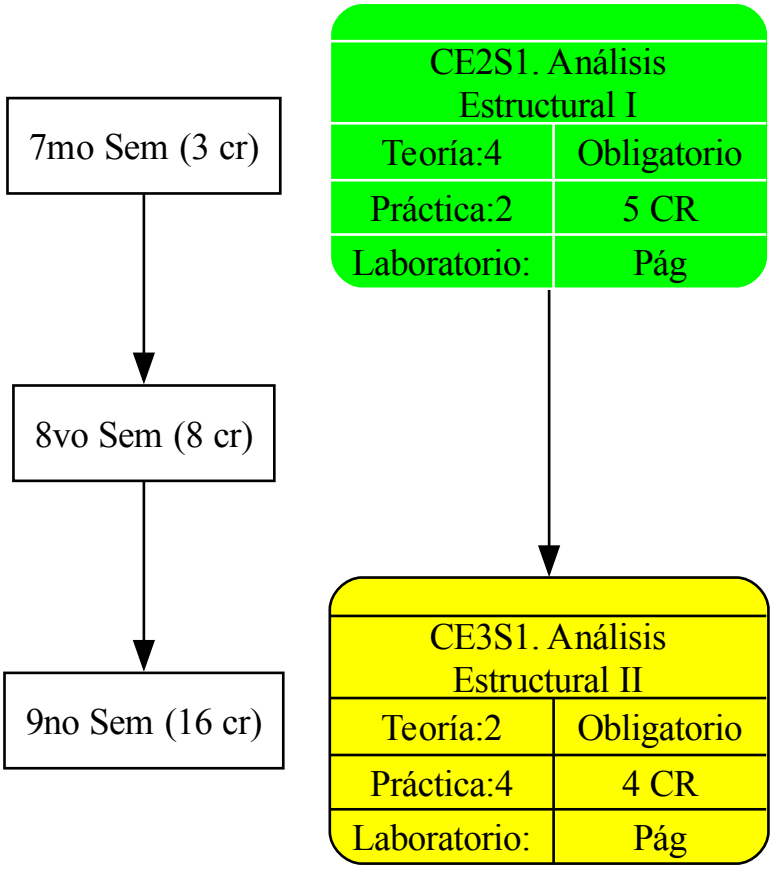


Figura 7.68: Mapa de Conexión. CE3S1 Análisis Estructural II

2. Fundamentación

El Análisis Estructural II extiende los métodos matriciales introducidos en el Análisis Estructural I al análisis práctico y computacional de sistemas estructurales de edificaciones. Los estudiantes profundizan su dominio del método de rigidez directa mediante su aplicación a armaduras y pórticos planos, incorporan la carga sísmica mediante análisis dinámico y de espectro de respuesta, y aplican estas herramientas en seminarios en equipo al análisis de casos de estudio de edificios reales. El curso concluye con una introducción al método de elementos finitos y al análisis no lineal de materiales y

geométrico, proporcionando la base computacional requerida para el diseño estructural avanzado y estudios de posgrado especializados.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar el método de rigidez directa para formular y resolver el análisis de armaduras y pórticos planos mediante métodos computacionales basados en matrices.
- Aplicar el análisis dinámico y de espectro de respuesta para determinar la respuesta sísmica de sistemas estructurales de edificaciones.
- Analizar sistemas estructurales de edificios reales en seminarios en equipo, integrando técnicas de método de rigidez y análisis sísmico en modelos prácticos.
- Formular modelos de elementos finitos de sistemas estructurales, incluyendo una introducción al análisis no lineal de materiales y geométrico.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Análisis Estructural Matricial, 38 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Método de los desplazamientos y enfoque de rigidez **II:** Método directo de la rigidez y formulación matricial **III:** Transformaciones de coordenadas y ensamblaje de matrices de rigidez globales

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar el método de los desplazamientos para el análisis estructural [Evaluar] **II:** Formular problemas estructurales utilizando el método directo de la rigidez en forma matricial [Usar] **III:** Ensamblar matrices de rigidez globales y resolver para desplazamientos nodales [Evaluar]

Bibliografía: [McGuire et al., 2000, Kassimali, 2012]

5.2 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente, 14 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Sistemas de un grado de libertad y vibración libre **II:** Vibración forzada y excitación armónica **III:** Modelos de amortiguamiento y mecanismos de disipación de energía **IV:** Análisis del espectro de respuesta **V:** Características del movimiento sísmico del terreno y sismicidad **VI:** Sistemas de múltiples grados de libertad y análisis modal **VII:** Análisis de historia de tiempos y métodos de integración numérica **VIII:** Filosofía del diseño sísmico y principios de diseño por capacidad **IX:** Aislamiento sísmico y dispositivos de disipación de energía **X:** Metodología de diseño sísmico basado en desempeño

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar vibración libre de sistemas de un grado de libertad y determinar frecuencias naturales [Evaluar] **II:** Calcular la respuesta estructural a cargas armónicas y periódicas [Usar] **III:** Explicar el rol del amortiguamiento en la reducción de la respuesta dinámica [Familiarizarse] **IV:** Aplicar el método del espectro de respuesta para análisis sísmico

[Usar] **V:** Interpretar parámetros del movimiento sísmico del terreno y mapas de amenaza sísmica [Familiarizarse] **VI:** Realizar análisis modal para sistemas de múltiples grados de libertad [Evaluar] **VII:** Conducir análisis de historia de tiempos usando técnicas de integración numérica [Usar] **VIII:** Diseñar estructuras siguiendo principios de diseño por capacidad y detalles dúctiles [Evaluar] **IX:** Evaluar la efectividad de sistemas de aislamiento sísmico y amortiguamiento [Familiarizarse] **X:** Implementar procedimientos de diseño sísmico basado en desempeño [Evaluar]

Bibliografía: [Chopra, 2017]

5.3 Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Reconocimiento de edificios de estudio: geometría, sistemas estructurales y trayectoria de cargas **II:** Modelamiento de pórticos y armaduras planas de edificios reales mediante software de análisis estructural basado en el método de la rigidez **III:** Aplicación del análisis estático y sísmico por espectro de respuesta a casos de estudio representativos de edificaciones **IV:** Presentación y discusión entre pares de resultados de análisis estructural y sus implicancias de diseño **V:** Definición de geometría, materiales, secciones y condiciones de contorno de un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural (ETABS, Midas Gen) **VI:** Asignación de cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación **VII:** Análisis estático y dinámico (modal) de modelos de edificaciones e interpretación de resultados, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración **VIII:** Verificación de los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados y revisiones normativas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Modelar sistemas estructurales de edificaciones reales para análisis estático y sísmico basado en el método de la rigidez utilizando software de análisis estructural [Usar] **II:** Interpretar y validar resultados de análisis generados por computadora contrastándolos con el comportamiento estructural esperado [Evaluar] **III:** Presentar y sustentar ante pares los resultados del análisis estructural y sus implicancias de diseño [Usar] **IV:** Asignar cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural [Usar] **V:** Interpretar resultados de análisis dinámico, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración [Evaluar] **VI:** Verificar los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados [Evaluar]

Bibliografía: [McGuire et al., 2000, Chopra, 2017]

5.4 Métodos de Elementos Finitos en Ingeniería Estructural, 20 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Fundamentos de la teoría de elementos finitos y discretización **II:** Tipos de elementos, incluyendo elementos cercha, viga y pórtico **III:** Formulación y ensamblaje de la matriz de rigidez **IV:** Elementos de tensión plana y deformación plana **V:** Técnicas de modelado, condiciones de contorno y refinamiento de malla **VI:** Elementos de cáscara y placa **VII:** Elementos sólidos y análisis tridimensional **VIII:** Análisis no lineal, incluyendo no linealidad material y geométrica **IX:** Análisis dinámico usando métodos de elementos finitos **X:** Verificación, validación y estimación de error en AEF

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los principios fundamentales y supuestos del análisis por elementos finitos [Familiarizarse] **II:** Formular matrices de rigidez de elemento para tipos de elementos básicos [Usar] **III:** Ensamblar matrices de rigidez globales y aplicar condiciones de contorno [Evaluar] **IV:** Aplicar elementos de tensión y deformación plana a problemas bidimensionales [Usar] **V:** Desarrollar modelos apropiados de elementos finitos con densidad de malla adecuada [Evaluar] **VI:** Utilizar elementos de cáscara y placa para análisis de estructuras de

pared delgada [Usar] **VII:** Modelar estructuras tridimensionales complejas usando elementos sólidos [Evaluar] **VIII:** Realizar análisis no lineal por elementos finitos para efectos materiales y geométricos [Usar] **IX:** Conducir análisis dinámico por elementos finitos, incluyendo análisis modal y de historia de tiempos [Evaluar] **X:** Validar resultados de elementos finitos y estimar errores de discretización [Evaluar]

Bibliografía: [Bathe, 2014]

6. Bibliografía

[Bathe, 2014] Bathe, K.-J. (2014). *Finite Element Procedures*. K.J. Bathe, 2nd edition.

[Chopra, 2017] Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Kassimali, 2012] Kassimali, A. (2012). *Matrix Analysis of Structures*. Cengage Learning, 2nd edition.

[McGuire et al., 2000] McGuire, W., Gallagher, R. H., and Ziemian, R. D. (2000). *Matrix Structural Analysis*. Wiley, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)

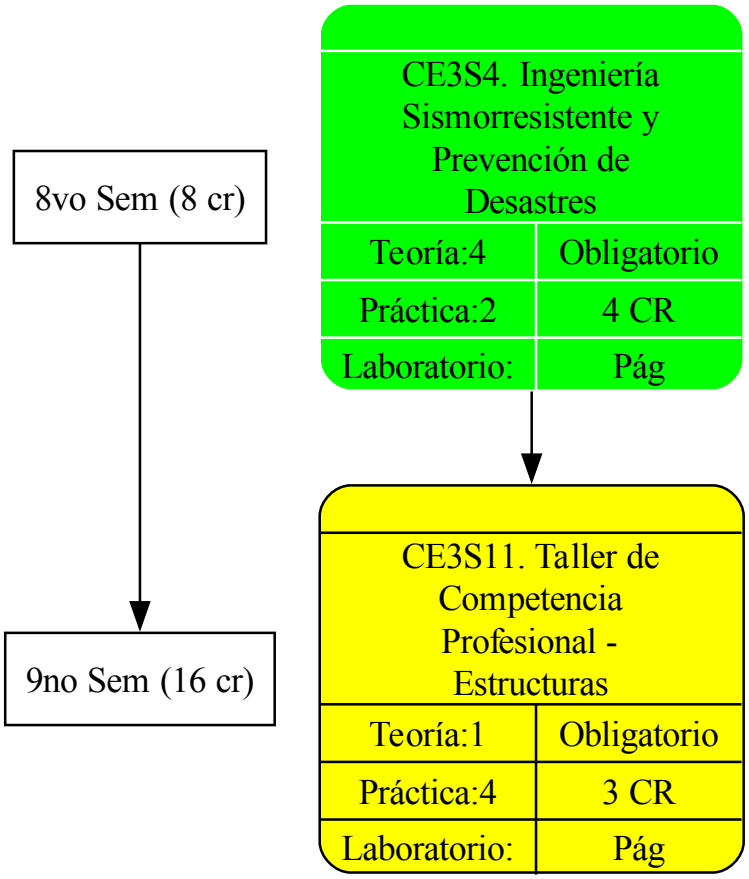


Figura 7.69: Mapa de Conexión. CE3S11 Taller de Competencia Profesional - Estructuras

2. Fundamentación

El Taller de Competencias Profesionales - Estructuras es un curso de revisión integrador que consolida y aplica las competencias de ingeniería estructural desarrolladas a lo largo de la línea de especialización en Estructuras. Revisita la mecánica de materiales y el comportamiento estructural, los ensayos normalizados y el control de calidad, la dinámica estructural y la ingeniería sismorresistente, el diseño de concreto armado y presforzado, las tecnologías de monitoreo de salud estructural,

el diseño resiliente frente a riesgos naturales y cambio climático, y la ética ingenieril y la responsabilidad profesional, preparando a los estudiantes para enfrentar la práctica profesional de la ingeniería estructural en su conjunto.

3. Objetivos del curso.

- Revisar y aplicar los principios de mecánica de materiales y comportamiento estructural a elementos estructurales reales.
- Aplicar métodos de ensayos normalizados, control de calidad y análisis de fallas a materiales y sistemas estructurales.
- Analizar la respuesta sísmica de estructuras y aplicar criterios de diseño sismorresistente.
- Diseñar elementos estructurales de concreto armado y concreto presforzado.
- Aplicar tecnologías de monitoreo de salud estructural (SHM) y sensores para evaluar la condición de la infraestructura civil.
- Formular soluciones de diseño resiliente frente a riesgos naturales y cambio climático.
- Aplicar principios de ética ingenieril y responsabilidad profesional a la práctica de la ingeniería estructural.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales **II:** Carga axial y deformación de elementos **III:** Torsión de secciones circulares y no circulares **IV:** Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas **V:** Distribución del esfuerzo cortante en vigas **VI:** Carga combinada y transformación de esfuerzos **VII:** Pandeo de columnas y análisis de estabilidad **VIII:** Mecánica de fatiga y fractura **IX:** Comportamiento elástico y plástico de los materiales **X:** Métodos energéticos para análisis estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] **II:** Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] **III:** Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] **IV:** Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] **V:** Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] **VI:** Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] **VII:** Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] **VIII:** Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] **IX:** Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] **X:** Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]

Bibliografía: [Gere and Goodno, 2017, Hibbeler, 2017]

5.2 Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación **II:** Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas **III:** Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción **IV:** Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación **V:** Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras **VI:** Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia **VII:** Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz **VIII:** Ingeniería forense y evaluación de daños **IX:** Ensayos y enfoques de especificación basados en el desempeño **X:** Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar] **II:** Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar] **III:** Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar] **IV:** Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar] **V:** Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse] **VI:** Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar] **VII:** Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar] **VIII:** Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar] **IX:** Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar] **X:** Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]

Bibliografía: [Neville, 2011]

5.3 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Sistemas de un grado de libertad y vibración libre **II:** Vibración forzada y excitación armónica **III:** Modelos de amortiguamiento y mecanismos de disipación de energía **IV:** Análisis del espectro de respuesta **V:** Características del movimiento sísmico del terreno y sismicidad **VI:** Sistemas de múltiples grados de libertad y análisis modal **VII:** Análisis de historia de tiempos y métodos de integración numérica **VIII:** Filosofía del diseño sísmico y principios de diseño por capacidad **IX:** Aislamiento sísmico y dispositivos de disipación de energía **X:** Metodología de diseño sísmico basado en desempeño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar vibración libre de sistemas de un grado de libertad y determinar frecuencias naturales [Evaluar] **II:** Calcular la respuesta estructural a cargas armónicas y periódicas [Usar] **III:** Explicar el rol del amortiguamiento en la reducción de la respuesta dinámica [Familiarizarse] **IV:** Aplicar el método del espectro de respuesta para análisis sísmico [Usar] **V:** Interpretar parámetros del movimiento sísmico del terreno y mapas de amenaza sísmica [Familiarizarse] **VI:** Realizar análisis modal para sistemas de múltiples grados de libertad [Evaluar] **VII:** Conducir análisis de historia de tiempos usando técnicas de integración numérica [Usar] **VIII:** Diseñar estructuras siguiendo principios de diseño por capacidad y detalles dúctiles [Evaluar] **IX:** Evaluar la efectividad de sistemas de aislamiento sísmico y amortiguamiento [Familiarizarse] **X:** Implementar procedimientos de diseño sísmico basado en desempeño [Evaluar]

Bibliografía: [Chopra, 2017]

5.4 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Alcance y estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 **II:** Parámetros de peligro sísmico: zonificación (Z), factor de uso (U) y perfil de suelo (S) **III:** Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) **IV:** Irregularidades estructurales en planta: torsional, esquinas entrantes y discontinuidad de diafragma **V:** Irregularidades estructurales en altura: piso blando, piso débil e irregularidad de masa **VI:** Principios de estructuración: simetría, redundancia, hiperestaticidad y continuidad **VII:** Fuerza cortante mínima en la base y límites de distorsión de entrepiso

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el alcance y la estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 [Familiarizarse] **II:** Determinar los parámetros de peligro sísmico (Z, U, S) aplicables a un sitio dado [Usar] **III:** Seleccionar el sistema estructural y el coeficiente de reducción R correspondiente [Usar] **IV:** Clasificar las irregularidades estructurales en planta y en altura de una edificación [Evaluar] **V:** Aplicar los principios de estructuración para proponer una configuración estructural regular [Usar] **VI:** Verificar el cortante mínimo en la base y los límites de distorsión de entrepiso [Evaluar]

Bibliografía: [Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivien Bazán and Meli, 2002]

5.5 Diseño de Concreto Armado, 10 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Filosofía de diseño y metodología de estados límite para estructuras de concreto **II:** Diseño a flexión de vigas rectangulares y en T **III:** Diseño a cortante y torsión de elementos de concreto **IV:** Elementos a compresión y diseño de columnas **V:** Diseño de losas, incluyendo sistemas unidireccionales y bidireccionales **VI:** Longitud de anclaje y empalmes del refuerzo **VII:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad para vigas y losas de concreto

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de cargas mayoradas [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas de concreto armado para flexión y verificar serviciabilidad [Evaluar] **III:** Calcular los requisitos de refuerzo por cortante y torsión [Usar] **IV:** Dimensionar columnas para carga axial y flexión biaxial [Evaluar] **V:** Diseñar sistemas de losas unidireccionales y bidireccionales con el refuerzo apropiado [Usar] **VI:** Determinar longitudes de desarrollo y diseñar empalmes por traslapo de barras de refuerzo [Evaluar] **VII:** Controlar deflexiones y verificar requisitos de serviciabilidad mediante un dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, McCormac and Brown, 2021]

5.6 Detalles Sísmicos de Concreto Armado, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Uniones viga-columna y conexiones en pórticos resistentes a momento **II:** Detalles sísmicos y diseño dúctil de estructuras de concreto **III:** Diseño de muros estructurales especiales de concreto armado (placas) para resistencia sísmica lateral **IV:** Disposiciones especiales de detallado sísmico para pórticos de concreto armado resistentes a momento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Detallar uniones viga-columna para transferencia de momento y resistencia a cortante [Evaluar] **II:** Implementar requisitos de detalles sísmicos para pórticos dúctiles de concreto [Evaluar] **III:** Diseñar muros estructurales especiales de concreto armado para solicitaciones combinadas de carga axial, flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar] **IV:** Aplicar disposiciones especiales de detallado sísmico a elementos de pórticos de concreto armado y nudos viga-columna [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.7 Análisis de Concreto Presforzado, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Principios del concreto pretensado y métodos de pretensado previo **II:** Análisis elástico de esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio **III:** Secciones compuestas de concreto presforzado: elementos prefabricados con losa vaciada in situ **IV:** Pérdidas de presfuerzo instantáneas y diferidas en el tiempo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar principios de pretensado para diseñar elementos pretensados [Usar] **II:** Analizar los esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio mediante teoría elástica [Usar] **III:** Diseñar secciones compuestas de concreto presforzado que combinan elementos prefabricados y concreto vaciado in situ [Evaluar] **IV:** Calcular las pérdidas instantáneas y diferidas de presfuerzo [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.8 Diseño de Concreto Presforzado, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Sistemas de concreto postensado y diseño de tendones **II:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad **III:** Resistencia a flexión de elementos de concreto presforzado en estado límite último **IV:** Diseño a corte y torsión de elementos de concreto presforzado **V:** Estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar losas y vigas postensadas, incluyendo el trazado de tendones [Evaluar] **II:** Controlar deflexiones mediante dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar] **III:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a flexión en estado límite último [Evaluar] **IV:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a corte y torsión [Evaluar] **V:** Analizar estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios [Evaluar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.9 Monitoreo de Salud Estructural (SHM) y Tecnologías de Sensores, 2 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Objetivos de SHM, paradigmas y análisis costo-beneficio del ciclo de vida **II:** Tipos de sensores: galgas extensiométricas, acelerómetros, inclinómetros, fibra óptica, piezoeléctricos **III:** Sistemas de adquisición de datos, acondicionamiento de señales y teoría de muestreo **IV:** Redes inalámbricas de sensores (WSN) y protocolos de comunicación IoT **V:** Detección de daños basada en vibraciones y análisis modal **VI:** Sensores avanzados: fibra óptica distribuida, visión por computador y interferometría radar **VII:** Gestión de datos, almacenamiento en la nube y ciberseguridad para sistemas SHM **VIII:** Reconocimiento de patrones estadísticos y algoritmos de detección de anomalías **IX:** Sistemas de soporte de decisiones para planificación de mantenimiento basados en datos SHM

Objetivos de Aprendizaje **I:** Enumerar los objetivos primarios y los beneficios potenciales de un sistema de Monitoreo de Salud Estructural (SHM) [Familiarizarse] **II:** Seleccionar tipos de sensores apropiados para monitorear respuestas estructurales específicas (deformación, vibración, deflexión) [Evaluar] **III:** Diseñar la distribución de una red de sensores básica para una viga simplemente apoyada o un pilar de puente [Usar] **IV:** Explicar las ventajas y desafíos de las redes inalámbricas de sensores frente a los sistemas cableados [Familiarizarse] **V:** Realizar un análisis modal básico en un conjunto de datos de aceleración para identificar frecuencias naturales [Usar] **VI:** Comparar tecnologías avanzadas de sensado para detectar propagación de grietas o asentamiento [Evaluar] **VII:** Desarrollar un plan de gestión de datos para un proyecto SHM a largo plazo, considerando almacenamiento en la nube [Usar] **VIII:** Aplicar una carta de control estadística simple para identificar anomalías en datos de sensores en serie temporal [Evaluar]

IX: Proponer una acción de mantenimiento basada en la salida de un sistema de soporte de decisiones basado en SHM [Usar]

Bibliografía: [Farrar and Worden, 2013]

5.10 Diseño Resiliente para Riesgos Naturales y Cambio Climático, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Conceptos de resiliencia: robustez, redundancia, ingenio, recuperación rápida **II:** Identificación de peligros y evaluación probabilística de riesgos **III:** Enfoques de diseño multi-peligro y compensaciones **IV:** Proyecciones de cambio climático y su traducción a parámetros de diseño **V:** Resiliencia estructural: diseño basado en desempeño y tecnologías de control de daños **VI:** Resiliencia de sistemas de sistemas para redes de infraestructura interconectadas **VII:** Capacidad adaptativa y diseño flexible para futuros inciertos **VIII:** Resiliencia comunitaria y dimensiones sociales de la recuperación de infraestructura **IX:** Financiamiento de resiliencia: análisis costo-beneficio y mecanismos innovadores de financiamiento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las cuatro propiedades clave (4Rs) de un sistema resiliente [Familiarizarse] **II:** Realizar una evaluación de riesgo cualitativa para un sitio expuesto a múltiples peligros naturales [Evaluar] **III:** Incorporar la proyección de elevación del nivel del mar o aumento de precipitación en la base de diseño de una estructura costera o de drenaje [Usar] **IV:** Explicar cómo el aislamiento de base o dispositivos de amortiguamiento mejoran la resiliencia estructural [Familiarizarse] **V:** Analizar las fallas en cascada en redes interconectadas de agua y energía después de un terremoto [Evaluar] **VI:** Diseñar un sistema de cimentación flexible que pueda adaptarse para cargas futuras aumentadas [Usar] **VII:** Evaluar el papel del capital social y la preparación comunitaria en la recuperación post-desastre [Evaluar] **VIII:** Realizar un análisis costo-beneficio para una mejora propuesta de resiliencia de infraestructura [Usar]

Bibliografía: [of Civil Engineers (ASCE), 2018]

5.11 ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teorías éticas: utilitarismo, ética del deber, ética de la virtud **II:** Códigos de conducta profesional (p. ej., ASCE, NSPE) y sus cánones fundamentales **III:** Responsabilidad primordial del ingeniero con la seguridad, salud y bienestar públicos **IV:** Dilemas éticos en la práctica: conflictos de interés, denuncia de irregularidades, obsequios **V:** Marcos de toma de decisiones éticas y análisis de casos de estudio **VI:** ética global en ingeniería y desafíos interculturales **VII:** Obligaciones éticas para el desarrollo sostenible y la gestión ambiental **VIII:** Implicaciones éticas de tecnologías emergentes (IA, automatización, privacidad de datos) **IX:** Conducta ética en resolución de disputas y litigios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los principios fundamentales del código de ética del ingeniero [Familiarizarse] **II:** Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un escenario hipotético de ingeniería [Evaluar] **III:** Identificar conflictos de interés y otras trampas éticas comunes en el trabajo de proyectos [Familiarizarse] **IV:** Analizar un caso histórico de falla de ingeniería desde una perspectiva ética [Evaluar] **V:** Evaluar las dimensiones éticas de un proyecto con impactos sociales o ambientales significativos en un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Articular el argumento ético para incorporar la sostenibilidad en todo el trabajo de ingeniería [Familiarizarse] **VII:** Discutir las responsabilidades éticas relacionadas con la recolección y uso de datos en proyectos de infraestructura inteligente [Evaluar] **VIII:** Describir el papel de la ética en los procesos de resolución alternativa de disputas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Harris et al., 2019]

6. Bibliografía

[ACI Committee 318, 2019] ACI Committee 318 (2019). Building code requirements for structural concrete (aci 318-19) and commentary. Technical report, American Concrete Institute.

[Bazán and Meli, 2002] Bazán, E. and Meli, R. (2002). *Diseño Sísmico de Edificios*. Editorial Limusa.

[Chopra, 2017] Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Farrar and Worden, 2013] Farrar, C. R. and Worden, K. (2013). *Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective*. Wiley.

[Gere and Goodno, 2017] Gere, J. and Goodno, B. (2017). *Mechanics of Materials*. Cengage Learning, 9th edition.

[Harris et al., 2019] Harris, C. E., Pritchard, M. S., Rabins, M. J., James, R., and Englehardt, E. (2019). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Cengage Learning, 6th edition.

[Hibbeler, 2017] Hibbeler, R. (2017). *Mechanics of Materials*. Pearson, 10th edition.

[McCormac and Brown, 2021] McCormac, J. C. and Brown, R. H. (2021). *Design of Reinforced Concrete*. Wiley, 10th edition.

[Moehle, 2015] Moehle, J. P. (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. McGraw-Hill Education.

[Neville, 2011] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson, 5th edition.

[of Civil Engineers (ASCE), 2018] of Civil Engineers (ASCE), A. S. (2018). Adapting infrastructure to climate change: A guide for engineers. Technical report, ASCE.

[Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, 2018] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma técnica e.030: Diseño sismorresistente. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[Wight and MacGregor, 2016] Wight, J. K. and MacGregor, J. G. (2016). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. Pearson, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S1 Análisis Estructural I (7mo Sem-Pág 438)

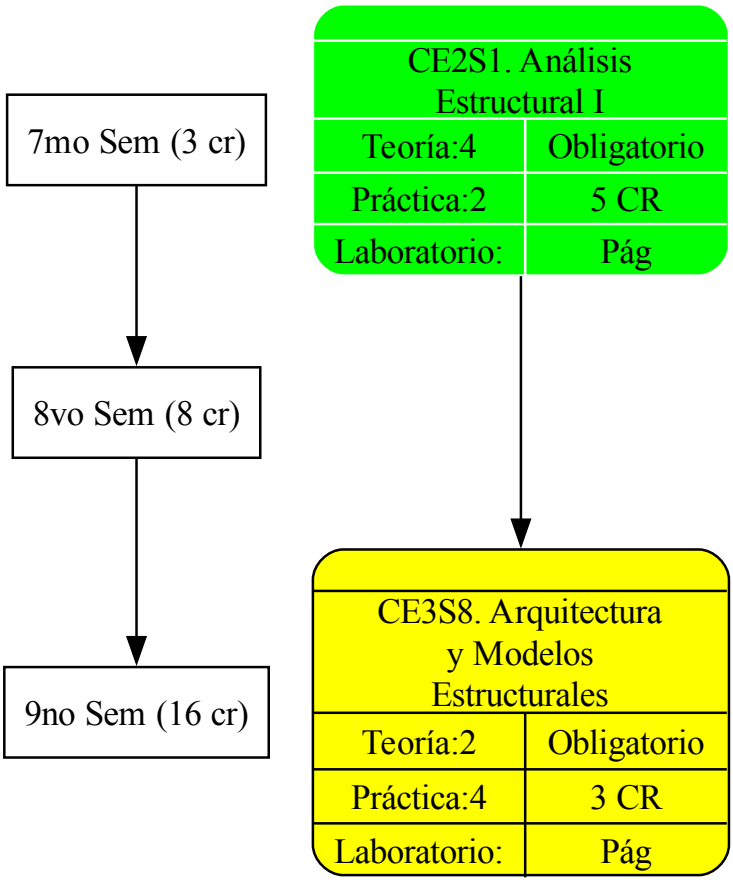


Figura 7.70: Mapa de Conexión. CE3S8 Arquitectura y Modelos Estructurales

2. Fundamentación

Arquitectura y Modelos Estructurales une el taller de diseño arquitectónico y la práctica de la ingeniería estructural que lo sustenta. El curso abre con la metodología del diseño arquitectónico y la planificación urbana que los ingenieros civiles deben comprender para colaborar eficazmente con arquitectos en proyectos de edificaciones y urbanos. Luego revisa el análisis de sistemas estructurales estáticamente determinados y las líneas de influencia, la base sobre la cual se construyen los modelos estructurales para propuestas arquitectónicas. El curso pone un fuerte énfasis en el Modelado de

Información de Construcción (BIM) como la plataforma digital utilizada para desarrollar, coordinar y entregar modelos arquitectónico-estructurales integrados, y cierra con los principios de sistemas de construcción sostenibles y ecológicos, y las habilidades de práctica profesional — comunicación técnica, licenciamiento en ingeniería y responsabilidad legal, y práctica de la ingeniería global — que los ingenieros civiles necesitan para operar en equipos de proyectos multidisciplinarios e internacionales.

3. Objetivos del curso.

- Describir la metodología del diseño arquitectónico y los principios de la planificación urbana en relación con la práctica de la ingeniería civil.
- Analizar sistemas estructurales estáticamente determinados y construir líneas de influencia para cargas móviles.
- Desarrollar y coordinar un Modelo de Información de Construcción (BIM) arquitectónico-estructural integrado para la entrega digital de proyectos.
- Aplicar principios de construcción ecológica y desarrollo urbano sostenible a una propuesta de diseño de edificio.
- Comunicar eficazmente información técnica y de diseño, y describir los marcos de licenciamiento profesional, responsabilidad legal y práctica internacional relevantes para la ingeniería civil.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Fundamentos del Diseño Arquitectónico, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Espacio, forma y orden: espacio positivo y negativo, cerramiento, umbral, secuencia espacial, jerarquía, escala y proporción como conceptos fundamentales del diseño arquitectónico **II:** Elementos arquitectónicos y sus roles espaciales: muro, piso, cielo raso y cubierta como cerramiento; columna, viga y losa como estructura **III:** Composición y operaciones formales: simetría, asimetría, equilibrio, ritmo, repetición, modulación, contraste y tensión como herramientas de la organización formal arquitectónica **IV:** Luz y sombra como medios de diseño: calidad de la luz natural por orientación y momento del día; percepción de sombra y superficie material **V:** Percepción corpórea del espacio: la escala vivida (no la dibujada), la secuencia de movimiento y la experiencia cinestésica a través del espacio, y el involucramiento visual, acústico y táctil que define cómo un espacio se habita y se siente realmente **VI:** La materialidad como medio de diseño experiencial: textura, peso, acabado superficial y color, y la atmósfera y carácter que la elección y el trabajo del material le dan a un espacio, a diferencia de las propiedades estructurales o técnicas del material **VII:** Programa y organización espacial: zonificación funcional y diagramas de burbujas, sistemas de circulación (horizontal, vertical, de servicio), jerarquía espacial **VIII:** Métodos de estudio de referentes: marcos de análisis formal para obras canónicas; lectura de plantas, cortes y fotografías como inteligencia de diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar y describir los conceptos espaciales, perceptuales, materiales y compositivos clave que constituyen los fundamentos del diseño arquitectónico [Familiarizarse] **II:** Aplicar principios de diseño fundamentales - espacio, percepción, materialidad, luz, programa y composición - en el desarrollo de una propuesta arquitectónica espacial [Usar] **III:** Evaluar un proyecto de diseño o edificación por la calidad de su organización espacial, coherencia formal,

experiencia perceptual, expresión material y uso de la luz y el programa, identificando fortalezas y áreas de mejora [Evaluar]

Bibliografía: [Ching, 2014]

5.2 Proceso de Diseño y Métodos Creativos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis del brief y encuadre del problema: descomposición de un brief de diseño en requisitos espaciales, funcionales, contextuales y de rendimiento **II:** Análisis de sitio arquitectónico: orientación solar y recorrido del sol, vientos predominantes y microclima, topografía y drenaje, visuales y ejes visuales, acceso vehicular y peatonal, tejido urbano y contexto circundante, y condicionantes existentes del terreno (servidumbres, retiros, instalaciones) como insumos para un concepto de diseño **III:** Formulación de criterios de diseño: traducción de los requisitos del cliente y del usuario, los hallazgos del análisis de sitio, y las condicionantes normativas en un conjunto priorizado y medible de criterios funcionales, espaciales, ambientales y presupuestarios, usado para generar y evaluar alternativas de diseño **IV:** Ideación y desarrollo conceptual: bocetos, diagramas y collage como herramientas para explorar ideas espaciales; llegar al partido arquitectónico – la idea organizadora única que conduce un diseño – y traducirlo en propuestas espaciales y formales **V:** Maquetación física como herramienta de diseño: maquetas de estudio para exploración espacial, estudios de masas, maquetas seccionales **VI:** Diseño iterativo y crítica: cultura de crítica presencial y de escritorio, recepción e integración de retroalimentación, ciclos de revisión **VII:** Narrativa de diseño y argumentación: articulación de la intención de diseño verbal y gráficamente, construcción de un argumento de diseño coherente **VIII:** Procesos de diseño colaborativo e interdisciplinario: codiseño con ingenieros, arquitectos paisajistas y actores comunitarios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las etapas de un proceso de diseño arquitectónico iterativo, desde el análisis del brief y del sitio, pasando por la formulación de criterios de diseño y el desarrollo conceptual (partido), hasta la revisión y la propuesta final [Familiarizarse] **II:** Aplicar el análisis de sitio, la formulación de criterios de diseño, y métodos sistemáticos de ideación y crítica iterativa para desarrollar y refinar una propuesta arquitectónica espacial en respuesta a un brief de diseño [Usar] **III:** Evaluar la coherencia y efectividad de un proceso de diseño, incluyendo la calidad de la articulación del concepto, la iteración y la capacidad de respuesta a la crítica [Evaluar]

Bibliografía: [Ching, 2014]

5.3 Forma y Morfología Urbana, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Los elementos de la imagen de la ciudad de Kevin Lynch: sendas, bordes, distritos, nodos e hitos; su papel en la legibilidad y la orientación **II:** Sistemas de calle, manzana y parcela: tipologías (reticular, radial, orgánica, callejón sin salida), dimensiones de la manzana y permeabilidad, subdivisión de parcelas **III:** Tipologías de edificación urbana: vivienda unifamiliar aislada, casa adosada, edificio con patio, bloque de viviendas, torre puntual y bloque lineal **IV:** Métodos de análisis morfológico: conzeniano (ciclo burgage, cinturones marginales), sintaxis espacial (integración, conectividad, elección) **V:** Capas del tejido urbano: historia de la subdivisión de parcelas, evolución de la red viaria, sucesión de usos del suelo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los elementos morfológicos clave de una ciudad - calles, manzanas, parcelas, edificios - y describir las relaciones entre ellos que definen el carácter urbano [Familiarizarse] **II:** Aplicar herramientas de análisis morfológico (figura-fondo, sintaxis espacial) a un sector urbano, identificando su legibilidad, conectividad y diversidad tipológica [Usar] **III:** Evaluar la coherencia morfológica y la permeabilidad de un diseño urbano propuesto, comparando los tamaños de las manzanas, la conectividad viaria [Evaluar]

Bibliografía: [Lynch, 1960]

5.4 Teorías Históricas de Planificación Urbana, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Teorías urbanas clásicas: Ciudad Jardín de Howard, Ciudad Radiante de Le Corbusier (Torres en el Parque), Broadacre City de Wright y su influencia en la planificación **II:** Planificación de posguerra: el auge del plan maestro, la crítica del Team 10 al CIAM, la defensa por parte de Jane Jacobs del uso mixto y las manzanas cortas,

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales teorías históricas de la planificación urbana y su influencia en la forma de la ciudad del siglo XX, [Familiarizarse]

Bibliografía: [Lynch, 1960]

5.5 Métodos y Teoría Contemporánea de Planificación, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Métodos de planificación: zonificación (euclidiana, basada en la forma, basada en el rendimiento), planificación maestra vs. **II:** Crecimiento inteligente y nuevo urbanismo: principios (desarrollo orientado al tránsito, caminabilidad, vivienda de ingresos mixtos, límites de crecimiento urbano) **III:** Teoría urbana contemporánea: la producción del espacio de Lefebvre, el derecho a la ciudad de Harvey, la ciudad abierta de Sennett **IV:** Integración de las restricciones técnicas de la ingeniería civil (estructurales, geotécnicas, de infraestructura de servicios y de transporte) en los marcos de planificación urbana y arquitectónica; el papel colaborativo de los ingenieros civiles en equipos multidisciplinarios de proyectos de edificación y urbanos

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar un método de planificación - como la codificación basada en la forma o la planificación de escenarios - a un sitio urbano específico [Usar] **II:** Evaluar un plan urbano actual o un código de zonificación según los principios de planificación contemporáneos (caminabilidad, uso mixto, orientación al tránsito, equidad social) [Evaluar]

Bibliografía: [Lynch, 1960]

5.6 Análisis Estructural I, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Ecuaciones de equilibrio y diagramas de cuerpo libre para sistemas estructurales **II:** Reacciones y fuerzas internas en vigas y pórticos determinados **III:** Análisis de cerchas usando el método de los nudos y el método de las secciones **IV:** Diagramas de fuerza cortante y momento flector **V:** Cables y arcos bajo cargas concentradas y distribuidas **VI:** Líneas de influencia para vigas y cerchas **VII:** Análisis de cargas móviles y diagramas envolventes **VIII:** Análisis tridimensional de cerchas y pórticos **IX:** Estructuras compuestas y clasificación de formas estructurales

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar ecuaciones de equilibrio para determinar reacciones en los apoyos en estructuras determinadas [Usar] **II:** Calcular fuerzas y momentos internos en cualquier sección de vigas y pórticos [Evaluar] **III:** Analizar cerchas planas usando tanto el método de los nudos como el método de las secciones [Usar] **IV:** Construir diagramas de fuerza cortante y momento flector para diversas condiciones de carga [Evaluar] **V:** Determinar fuerzas internas en cables y arcos bajo cargas específicas [Usar] **VI:** Desarrollar líneas de influencia para reacciones y fuerzas internas en estructuras determinadas [Evaluar] **VII:** Utilizar líneas de influencia para determinar efectos máximos provenientes de cargas móviles [Usar] **VIII:** Analizar sistemas estructurales tridimensionales y determinar componentes espaciales de fuerzas [Evaluar] **IX:** Clasificar estructuras como determinadas o indeterminadas e identificar condiciones de estabilidad [Familiarizarse]

Bibliografía: [Hibbeler, 2018, Kassimali, 2020]

5.7 Modelado de Información de Construcción (BIM) para Entrega Digital y Gestión de Activos, 36 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Conceptos BIM: dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), LOD y LOIN **II:** Herramientas de autoría BIM y técnicas de modelado paramétrico **III:** Coordinación de modelos, detección de interferencias y análisis de choques **IV:** Plataformas de colaboración, Entornos de Datos Comunes (CDE) y planes de ejecución BIM **V:** Análisis basado en BIM: desglose de cantidades, simulación energética y análisis estructural **VI:** Gemelos digitales y la conexión entre BIM y datos operacionales **VII:** Estándares de interoperabilidad: IFC, COBie y openBIM **VIII:** Modelos de información de activos (AIM) y BIM para gestión de instalaciones (FM) **IX:** Presentación reglamentaria y verificación automatizada de cumplimiento de códigos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir las diferentes dimensiones de BIM (3D-7D) y su información asociada [Familiarizarse] **II:** Crear un modelo paramétrico 3D básico de un sistema de estructura de entramado utilizando software BIM [Usar] **III:** Realizar un análisis de detección de interferencias entre modelos arquitectónicos y estructurales [Evaluar] **IV:** Esquematizar los componentes clave de un Plan de Ejecución BIM (BEP) [Familiarizarse] **V:** Extraer un cronograma de desglose de cantidades de materiales de un modelo BIM [Usar] **VI:** Explicar la relación entre un modelo BIM y un gemelo digital para un activo [Familiarizarse] **VII:** Exportar un modelo BIM utilizando el formato IFC para garantizar interoperabilidad [Usar] **VIII:** Desarrollar un entregable de Modelo de Información de Activos (AIM) para entregar a un gestor de instalaciones [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de la verificación automatizada de reglas para el cumplimiento de códigos de construcción [Evaluar]

Bibliografía: [Eastman et al., 2018]

5.8 Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Envolventes de edificio de alto desempeño y estrategias de diseño pasivo **II:** Modelado energético, sistemas HVAC eficientes y generación renovable in situ **III:** Eficiencia del agua: accesorios de bajo flujo, captación de agua pluvial y reúso de agua gris **IV:** Calidad ambiental interior (IEQ): confort térmico, iluminación natural y calidad del aire **V:** Diseño sostenible de sitio: gestión de aguas pluviales, reducción de isla de calor, preservación de hábitat **VI:** Diseño de edificio de energía y agua neto cero **VII:** Tecnologías de edificios inteligentes y IoT para optimización operacional **VIII:** Sostenibilidad urbana: desarrollo orientado al transporte, densidad y planificación de usos mixtos **IX:** Sistemas de certificación de edificación sostenible: LEED, BREEAM, Living Building Challenge

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar una sección de edificio que ilustre estrategias clave de calefacción y enfriamiento pasivo [Evaluar] **II:** Dimensionar un sistema de captación de agua pluvial para un área de techo y demanda determinadas [Usar] **III:** Explicar los parámetros clave que afectan la calidad del aire interior y el confort térmico [Familiarizarse] **IV:** Desarrollar un plan de sitio que minimice superficies impermeables e incorpore infraestructura verde [Usar] **V:** Modelar el uso de energía de un edificio para demostrar un camino hacia energía neta cero [Evaluar] **VI:** Describir cómo un sistema de automatización de edificios puede optimizar el uso de energía y agua [Familiarizarse] **VII:** Planificar un nodo de desarrollo orientado al transporte (TOD) para reducir la dependencia vehicular [Evaluar] **VIII:** Preparar documentación para un proyecto orientado a un nivel específico de certificación LEED [Usar]

Bibliografía: [Kibert, 2016]

5.9 Comunicación Escrita y Redacción Técnica, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico **II:** Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones **III:** Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar] **II:** Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Beer and McMurrey, 2018]

5.10 Presentación Oral y Comunicación Profesional, 1 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas **II:** Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos **III:** Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar] **II:** Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse] **III:** Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

Bibliografía: [Beer and McMurrey, 2018]

5.11 Comunicación Digital y Colaborativa, 1 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo **II:** Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros **III:** Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar] **II:** Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse] **III:** Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

Bibliografía: [Beer and McMurrey, 2018]

5.12 Licencia Profesional, Responsabilidad Legal y Marcos Regulatorios, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de licencia profesional: examen EIT/FE, requisitos de experiencia, examen PE **II:** Fundamentos legales: agravios (negligencia), contratos y propiedad intelectual **III:** Responsabilidad profesional, errores y omisiones, y estándar de cuidado **IV:** Marco regulatorio para diseño y construcción (códigos de construcción, regulaciones ambientales) **V:** Estrategias de gestión de riesgos: seguros, indemnización, limitación de responsabilidad **VI:** Licencia internacional y acuerdos de reconocimiento mutuo **VII:** Ingeniería forense y testimonio de perito experto **VIII:** Contratación gubernamental y el Reglamento Federal de Adquisiciones (FAR) **IX:** Programas de cumplimiento y capacitación en ética para firmas de ingeniería

Objetivos de Aprendizaje **I:** Esquematizar los pasos y requisitos típicos para convertirse en un Ingeniero Profesional licenciado (PE) [Familiarizarse] **II:** Definir los conceptos legales de negligencia, estándar de cuidado e incumplimiento de contrato en un contexto de ingeniería [Familiarizarse] **III:** Analizar un caso para determinar si las acciones de un ingeniero cumplieron con el estándar de cuidado profesional [Evaluar] **IV:** Identificar los permisos regulatorios clave requeridos para un proyecto típico de desarrollo de terrenos [Familiarizarse] **V:** Explicar el propósito del seguro de responsabilidad profesional y las exclusiones comunes de la póliza [Familiarizarse]

VI: Comparar los requisitos de licencia en dos países diferentes [Familiarizarse] **VII:** Preparar un esquema para un informe de perito experto sobre una falla técnica [Evaluar] **VIII:** Describir los desafíos únicos y reglas de la contratación gubernamental para servicios de ingeniería [Familiarizarse] **IX:** Diseñar un módulo simple de capacitación en ética y cumplimiento para una consultora de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [of Examiners for Engineering and (NCEES), 2019, Uff, 2017]

5.13 Práctica Global de Ingeniería y Estándares Internacionales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Globalización de la ingeniería: impulsores, oportunidades y desafíos **II:** Dimensiones culturales y su impacto en la comunicación, negociación y gestión de proyectos **III:** Organizaciones de estándares internacionales (ISO) y su papel en la armonización **IV:** Condiciones de contrato FIDIC y entrega internacional de proyectos **V:** Desafíos globales: Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (SDG) y el papel del ingeniero **VI:** Gestión global de cadena de suministro y logística para construcción **VII:** Asignacionesexpatriadas y trabajo en equipos multinacionales **VIII:** Gestión de riesgos para proyectos internacionales: riesgos políticos, de moneda y de fuerza mayor **IX:** Transferencia de tecnología y fortalecimiento de capacidades en regiones en desarrollo

Objetivos de Aprendizaje I: Describir cómo las diferencias culturales pueden afectar la dinámica de equipo y los resultados de proyectos en proyectos internacionales [Familiarizarse] **II:** Usar un marco de dimensiones culturales para analizar un malentendido intercultural en un estudio de caso de proyecto [Evaluar] **III:** Identificar estándares ISO clave relevantes para gestión de calidad (ISO 9001) y gestión ambiental (ISO 14001) en ingeniería [Familiarizarse] **IV:** Explicar la estructura y principios clave de los Libros Rojo y Amarillo de FIDIC [Familiarizarse] **V:** Mapear los objetivos de un proyecto de ingeniería civil a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG) relevantes de la ONU [Evaluar] **VI:** Desarrollar un registro de riesgos para un proyecto de joint venture internacional, identificando riesgos políticos y de moneda [Evaluar] **VII:** Esquematizar las consideraciones clave para un ingeniero que acepta una asignación a largo plazo en un país extranjero [Familiarizarse] **VIII:** Diseñar un plan de transferencia de tecnología para implementar un nuevo proceso de tratamiento de agua en una comunidad en desarrollo [Evaluar]

Bibliografía: [of Consulting Engineers (FIDIC), 2017, Hofstede et al., 2010]

6. Bibliografía

[Beer and McMurrey, 2018] Beer, D. F. and McMurrey, D. (2018). *A Guide to Writing as an Engineer*. John Wiley & Sons, 5th edition.

[Ching, 2014] Ching, F. D. K. (2014). *Architecture: Form, Space, and Order*. John Wiley & Sons, 4th edition.

[Eastman et al., 2018] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Lee, G. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. John Wiley & Sons, 3rd edition.

[Hibbeler, 2018] Hibbeler, R. C. (2018). *Structural Analysis*. Pearson, 10th edition.

[Hofstede et al., 2010] Hofstede, G., Hofstede, G. J., and Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. McGraw-Hill, 3rd edition.

[Kassimali, 2020] Kassimali, A. (2020). *Structural Analysis*. Cengage Learning, 6th edition.

[Kibert, 2016] Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. John Wiley & Sons, 5th edition.

[Lynch, 1960] Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.

[of Consulting Engineers (FIDIC), 2017] of Consulting Engineers (FIDIC), I. F. (2017). Fidic rainbow suite of contracts. Technical report, FIDIC.

[of Examiners for Engineering and (NCEES), 2019] of Examiners for Engineering, N. C. and (NCEES), S. (2019). Guidelines for responsible charge of engineering work. Technical report, NCEES.

[Uff, 2017] Uff, J. (2017). *Construction Law*. Sweet & Maxwell, 12th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T4 Ingeniería de Transportes (8vo Sem-Pág 469)

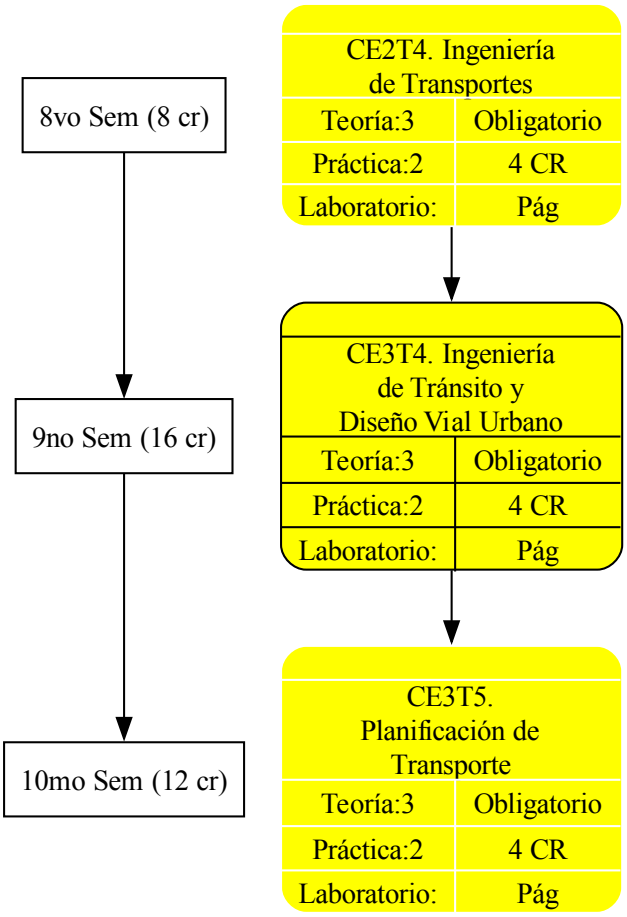


Figura 7.71: Mapa de Conexión. CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano

2. Fundamentación

Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano es el curso de operaciones de tránsito de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG), que se apoya en los fundamentos de sistemas de transporte establecidos en Ingeniería de Transportes (CE2T4) para abordar cómo se mide, modela, controla y hace seguro el flujo vehicular en calles urbanas y carreteras. El curso se abre con el contexto de planificación en el que se dimensionan y secuencian las instalaciones de tránsito, y las prácticas de diseño geométrico usadas para traducir las decisiones de planificación en secciones transversales viales

urbanas sensibles al contexto. Luego desarrolla el núcleo analítico de la ingeniería de tránsito: teoría del flujo vehicular, capacidad vial y análisis de nivel de servicio, y el diseño de estrategias de control tanto para intersecciones no semaforizadas como semaforizadas usando estándares nacionales equivalentes al MUTCD. El curso continúa con el modelado de macro/microsimulación y las operaciones en arterias/autopistas, los sistemas de transporte inteligente y las tecnologías de vehículos conectados, la estimación del impacto vial de un desarrollo propuesto y las medidas de mitigación que requiere, y cierra con ingeniería de seguridad vial: análisis de datos de accidentalidad, auditorías de seguridad, y el enfoque de sistemas seguros Visión Cero.

3. Objetivos del curso.

- Explicar el proceso de planificación de transporte y aplicar métodos de análisis de demanda de viajes y económicos que establecen el contexto para las decisiones de ingeniería de tránsito.
- Aplicar principios de diseño geométrico sensible al contexto y multimodal a calles urbanas y secciones transversales de calles completas.
- Analizar las características del flujo vehicular, la capacidad vial y el nivel de servicio para distintas instalaciones de transporte.
- Diseñar estrategias de control de tránsito –incluyendo análisis de justificación semafórica, fases, señalización y marcas en el pavimento– para intersecciones no semaforizadas y semaforizadas.
- Utilizar modelos de macro/microsimulación y aplicar tecnologías de ITS/vehículos conectados para evaluar y mejorar las operaciones de tránsito.
- Estimar el impacto vial de desarrollos propuestos y diseñar las medidas de mitigación requeridas para mantener condiciones de operación aceptables.
- Analizar datos de accidentalidad y realizar auditorías de seguridad vial para recomendar contramedidas bajo un enfoque de sistemas seguros Visión Cero.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Planificación de Transporte y Economía, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Proceso de planificación de transporte y marco institucional **II:** Modelación y métodos de pronóstico de la demanda de viajes **III:** Modelo de demanda de viajes de cuatro etapas **IV:** Métodos de recolección de datos para planificación de transporte **V:** Evaluación económica y análisis costo-beneficio **VI:** Modelación basada en actividades y técnicas avanzadas de pronóstico **VII:** Planificación de transporte multimodal e integración **VIII:** Transporte sostenible y consideraciones ambientales **IX:** Participación pública y compromiso con las partes interesadas **X:** Medidas de desempeño y monitoreo del sistema

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el proceso de planificación de transporte y las relaciones institucionales [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos de pronóstico de demanda de viajes para predecir patrones futuros de viaje [Evaluar] **III:** Implementar el modelo de demanda de viajes de cuatro etapas para análisis regional [Usar] **IV:** Diseñar programas de recolección de datos para estudios de transporte [Evaluar] **V:** Realizar análisis costo-beneficio para proyectos de transporte [Usar] **VI:** Utilizar modelos basados en actividades para análisis avanzado de demanda de viajes [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes integrados de transporte multimodal [Usar] **VIII:** Incorporar

principios de sostenibilidad en la planificación del transporte [Evaluar] **IX:** Facilitar procesos de participación pública en la planificación del transporte [Familiarizarse] **X:** Establecer medidas de desempeño y sistemas de monitoreo para redes de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [de Dios Ortúzar and Willumsen, 2011]

5.2 Diseño Sensible al Contexto y Multimodal, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Proceso de diseño sensible al contexto y flexibilidad de criterios basada en actores involucrados **II:** Principios de calles completas y acomodación multimodal **III:** Elementos de pacificación del tránsito para calles urbanas y residenciales **IV:** Coordinación tridimensional del alineamiento horizontal y vertical **V:** Consideraciones estéticas y ambientales en el diseño geométrico **VI:** Gestión de accesos y criterios de espaciamiento de entradas vehiculares

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar el proceso de diseño sensible al contexto y cuándo es apropiada la flexibilidad de diseño [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios de calles completas para acomodar múltiples modos de viaje [Usar] **III:** Seleccionar elementos de pacificación del tránsito apropiados para un contexto urbano o residencial [Evaluar] **IV:** Coordinar el alineamiento horizontal y vertical para un diseño tridimensionalmente consistente [Evaluar] **V:** Considerar factores estéticos y ambientales en las decisiones de diseño geométrico [Familiarizarse] **VI:** Aplicar los criterios de gestión de accesos al espaciamiento de entradas e intersecciones [Usar]

Bibliografía: [AASHTO, 2018, NACTO, 2013]

5.3 Teoría del Flujo Vehicular y Análisis de Capacidad, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Características del flujo vehicular y relaciones fundamentales **II:** Análisis de capacidad vial usando la metodología del Manual de Capacidad Vial (HCM) **III:** Conceptos de nivel de servicio y procedimientos de análisis **IV:** Dispositivos de control de tránsito y estándares del MUTCD **V:** Programación de semáforos y diseño de fases **VI:** Capacidad de intersecciones y análisis de demoras

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la teoría del flujo vehicular y los parámetros fundamentales de la corriente de tráfico [Familiarizarse] **II:** Realizar análisis de capacidad vial para varios tipos de vías [Evaluar] **III:** Determinar el nivel de servicio para instalaciones de transporte [Usar] **IV:** Aplicar estándares del MUTCD para el diseño y ubicación de dispositivos de control de tránsito [Evaluar] **V:** Diseñar planes de programación de semáforos para intersecciones aisladas [Usar] **VI:** Analizar la capacidad de intersecciones y calcular la demora de control [Evaluar]

Bibliografía: [Roess et al., 2019, Transportation Research Board, 2022]

5.4 Dispositivos de Control del Tránsito, 14 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Clasificación y diseño de señales reglamentarias, preventivas e informativas **II:** Ubicación, dimensionamiento y requisitos de retrorreflectividad de señales **III:** Tipos de marcas en el pavimento, materiales y criterios de ubicación **IV:** Análisis de estudios de garantía (warrants) y justificación de semáforos **V:** Diseño de fases, secuencias y detección vehicular/peatonal del semáforo **VI:** Equipamiento de semáforos, controladores y consideraciones de mantenimiento

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar señales de tránsito según los estándares nacionales/MUTCD equivalentes y seleccionar la señal apropiada para una condición dada [Familiarizarse] **II:** Especificar la ubicación, tamaño y retrorreflectividad de señales según los estándares de diseño [Usar] **III:** Diseñar un plan de marcas en el pavimento para un tramo de vía dado [Evaluar] **IV:** Realizar un análisis de estudio de garantía para justificar la instalación de un semáforo [Evaluar]

V: Diseñar las fases y la disposición de detección de un semáforo para una intersección [Usar] **VI:** Evaluar los requisitos de equipamiento y controladores de un semáforo para una instalación [Familiarizarse]

Bibliografía: [Federal Highway Administration, 2023, Roess et al., 2019]

5.5 Operaciones y Gestión del Tráfico, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de corredores arteriales y coordinación de semáforos **II:** Operaciones en autopistas y análisis de cuellos de botella **III:** Simulación de tránsito y modelación de microsimulación **IV:** Gestión de incidentes y centros de gestión del tráfico **V:** Diseño de glorietas y análisis de capacidad

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar sistemas coordinados de semáforos para corredores arteriales [Usar] **II:** Evaluar el desempeño de autopistas e identificar cuellos de botella operacionales [Evaluar] **III:** Utilizar modelos de simulación de tránsito para análisis operacional complejo [Usar] **IV:** Implementar estrategias de gestión de incidentes y operaciones de gestión del tráfico [Evaluar] **V:** Diseñar glorietas y analizar su desempeño operacional [Usar]

Bibliografía: [Roess et al., 2019, Barceló, 2010]

5.6 Sistemas de Transporte Inteligente y Vehículos Conectados, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Arquitectura de ITS y componentes del sistema **II:** Tecnologías de detección y vigilancia del tránsito **III:** Sistemas avanzados de gestión de tráfico **IV:** Sistemas de información al viajero y datos en tiempo real **V:** Tecnologías de vehículos conectados y comunicación V2X **VI:** Sistemas de vehículos autónomos y requisitos de infraestructura **VII:** Control de señales adaptativo y sistemas sensibles al tráfico **VIII:** Cobro electrónico de peajes y tarificación por congestión **IX:** Prioridad de semáforos para transporte público y sistemas de tránsito rápido de autobuses **X:** Análisis de datos e inteligencia artificial en transporte

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la arquitectura de ITS e identificar los componentes del sistema [Familiarizarse] **II:** Seleccionar tecnologías de detección de tránsito apropiadas para aplicaciones específicas [Evaluar] **III:** Diseñar implementaciones de sistemas avanzados de gestión de tráfico [Usar] **IV:** Implementar sistemas de información al viajero y estrategias de diseminación [Evaluar] **V:** Describir tecnologías de vehículos conectados y protocolos de comunicación [Familiarizarse] **VI:** Evaluar los requisitos de infraestructura para el despliegue de vehículos autónomos [Evaluar] **VII:** Aplicar algoritmos de control de señales adaptativo para optimización del tráfico [Usar] **VIII:** Analizar sistemas de cobro electrónico de peajes y estrategias de tarificación [Evaluar] **IX:** Integrar la prioridad de semáforos para transporte público en redes multimodales [Usar] **X:** Utilizar análisis de datos e IA para la optimización del sistema de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [Sussman, 2005]

5.7 Estudios de Impacto Vial, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Estimación de la generación y distribución de viajes para desarrollos urbanísticos propuestos **II:** Análisis del impacto operativo de accesos y entradas vehiculares **III:** Diseño de medidas de mitigación y requisitos de mejora

Objetivos de Aprendizaje I: Estimar la generación y distribución de viajes de un desarrollo propuesto utilizando tasas estándar de generación de viajes [Usar] **II:** Analizar el impacto operativo de los accesos y entradas de un predio propuesto sobre la red vial adyacente [Evaluar] **III:** Diseñar las medidas de mitigación requeridas para mantener niveles de servicio aceptables alrededor de un desarrollo propuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Institute of Transportation Engineers, 2021, Institute of Transportation Engineers, 2020]

5.8 Ingeniería de Seguridad Vial, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Análisis de datos de accidentalidad e identificación de puntos críticos **II:** Auditorías de seguridad vial y revisiones sistemáticas de seguridad **III:** Visión Cero y el enfoque de sistema seguro para el diseño de vías **IV:** Contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar datos de accidentalidad para identificar puntos críticos y factores contribuyentes [Evaluar] **II:** Realizar una auditoría de seguridad vial para una vía o intersección [Usar] **III:** Explicar el enfoque de sistema seguro de Visión Cero para el diseño de vías [Familiarizarse] **IV:** Recomendar contramedidas de seguridad para peatones y ciclistas en una ubicación dada [Usar]

Bibliografía: [AASHTO, 2010]

6. Bibliografía

[AASHTO, 2010] AASHTO (2010). *Highway Safety Manual*. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1st edition.

[AASHTO, 2018] AASHTO (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials, 7th edition.

[Barceló, 2010] Barceló, J. (2010). *Fundamentals of Traffic Simulation*. Springer.

[de Dios Ortúzar and Willumsen, 2011] de Dios Ortúzar, J. and Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Wiley, 4th edition.

[Federal Highway Administration, 2023] Federal Highway Administration (2023). *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. U.S. Department of Transportation, 11th edition.

[Institute of Transportation Engineers, 2020] Institute of Transportation Engineers (2020). *Transportation Impact Analyses for Site Development*. Institute of Transportation Engineers, 3rd edition.

[Institute of Transportation Engineers, 2021] Institute of Transportation Engineers (2021). *Trip Generation Manual*. Institute of Transportation Engineers, 11th edition.

[NACTO, 2013] NACTO (2013). *Urban Street Design Guide*. Island Press.

[Roess et al., 2019] Roess, R. P., Prassas, E. S., and McShane, W. R. (2019). *Traffic Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Sussman, 2005] Sussman, J. M. (2005). *Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS)*. Springer.

[Transportation Research Board, 2022] Transportation Research Board (2022). Highway capacity manual. Technical report, Transportation Research Board.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE402 Proyecto de final de carrera I (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (8vo Sem-Pág 510)

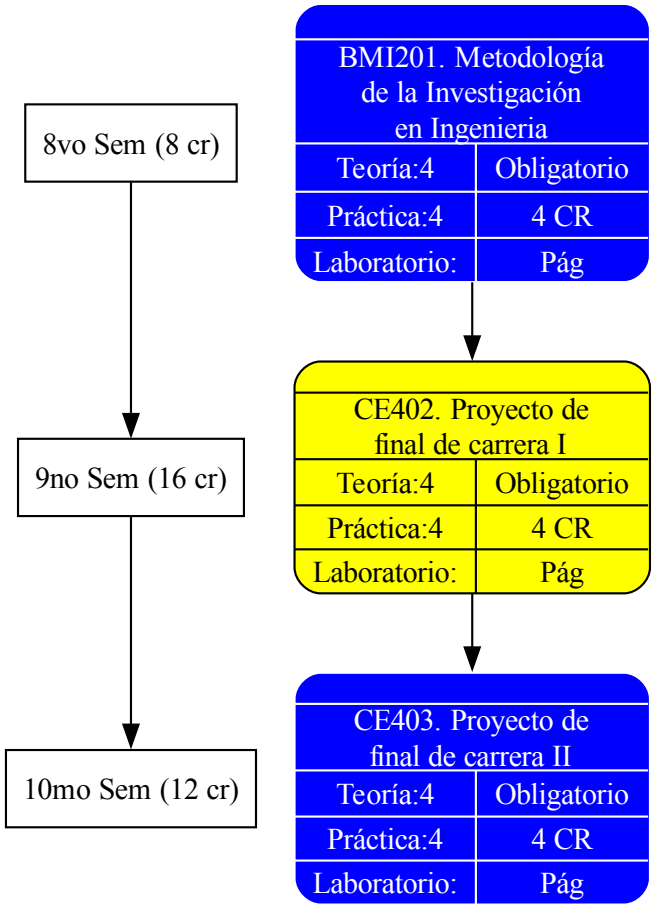


Figura 7.72: Mapa de Conexión. CE402 Proyecto de final de carrera I

2. Fundamentación

Este curso tiene por objetivo que el alumno pueda realizar un estudio del estado del arte de un tema escogido para investigar dentro del ámbito de la ingeniería civil. Se busca que el estudiante consolide su base teórica y demuestre capacidad crítica para evaluar soluciones técnicas existentes.

3. Objetivos del curso.

- Que el alumno realice una investigación inicial en un tema específico realizando el estudio del estado del arte del tema elegido.

- Que el alumno muestre dominio en el tema de la línea de investigación elegida (p.e. comportamiento inelástico de materiales, modelación hidrológica, etc.).
- Que el alumno elija un docente que domine el área de investigación elegida como asesor.
- Los entregables de este curso son:

  Avance parcial: Bibliografía sólida y avance de un Reporte Técnico.

  Final: Reporte Técnico con experimentos o simulaciones preliminares comparativas que demuestren que el alumno ya conoce las técnicas existentes en el área de su proyecto.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Evaluar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Evaluar)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Evaluar)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Evaluar)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Evaluar)

5. Contenido

5.1 Levantamiento del estado del arte, 60 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-3,ABET-4,ABET-5

Tópicos: I: Realizar un estudio profundo del estado del arte en un determinado tópico del área de Ingeniería Civil. **II:** Redacción de reportes técnicos y artículos científicos.

Objetivos de Aprendizaje I: Hacer un levantamiento bibliográfico del estado del arte del tema escogido (capítulos de marco teórico y revisión crítica) [Usar]. **II:** Redactar un documento en LaTeX en formato artículo (*paper*) con alta calidad técnica (tablas, figuras, ecuaciones, citaciones) [Usar]. **III:** Realizar presentaciones de avance utilizando herramientas profesionales como Beamer o similares [Usar]. **IV:** Mostrar resultados de experimentos básicos o simulaciones computacionales preliminares [Usar]. **V:** Elegir un asesor que domine el área de investigación realizada [Usar].

Bibliografía: [ASCE, 2022]

6. Bibliografía

[ASCE, 2022] ASCE (2022). Guidelines for state-of-the-art reports. *Journal of Structural Engineering*.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

BLW201 Legislación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 1 horas; **Práctica**: 1 horas;
- **Prerrequisitos**: Ninguno

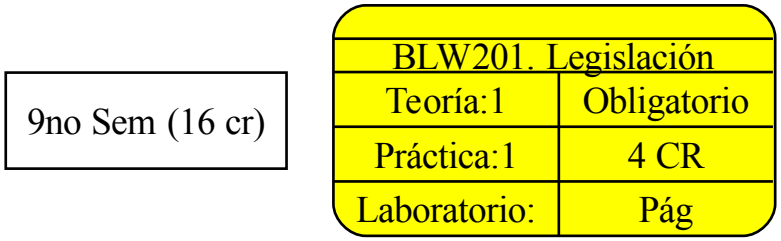


Figura 7.73: Mapa de Conexión. BLW201 Legislación

2. Fundamentación

Los ingenieros operan habitualmente dentro de una densa red de obligaciones legales: firman y administran contratos, emplean y supervisan personal de construcción, poseen o gravan los terrenos y equipos que requieren sus proyectos, pagan impuestos por su actividad profesional y empresarial, y compiten por y ejecutan obras de infraestructura pública reguladas por el sistema de contrataciones del Estado. Este curso brinda a los futuros ingenieros la formación jurídica necesaria para reconocer, anticipar y gestionar responsablemente estas obligaciones. Partiendo de los fundamentos de la teoría del derecho y del derecho civil de las personas, el curso avanza por obligaciones y contratos, propiedad y garantías reales, legislación laboral, derecho tributario, y cierra con las normas que rigen la contratación pública ante el Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE) del Perú, preparando a los estudiantes para interactuar competentemente con asesores legales y autoridades públicas a lo largo de sus carreras profesionales.

3. Objetivos del curso.

- Identificar las fuentes y la estructura de las normas jurídicas y aplicarlas para resolver conflictos entre reglas concurrentes.
- Explicar la capacidad jurídica y los atributos de las personas naturales y jurídicas relevantes para la actividad profesional y empresarial.
- Aplicar las normas que rigen la formación, validez y contenido de los contratos y las obligaciones a la práctica de la ingeniería.
- Aplicar el marco del derecho civil de la propiedad, la posesión y las garantías reales a proyectos inmobiliarios y de infraestructura.
- Reconocer las obligaciones laborales del empleador a lo largo de la vida de la relación laboral.
- Determinar las obligaciones tributarias aplicables a una empresa de ingeniería o a un proyecto de construcción.
- Aplicar el marco legal que rige la contratación pública y los procedimientos administrados por la OSCE para competir por obras públicas y ejecutarlas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Familiarizarse)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Familiarizarse)

5. Contenido

5.1 Fuentes del Derecho, 2 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Fuentes formales: constitución, ley, legislación delegada, tratados internacionales, costumbre y principios generales del derecho **II:** Jerarquía kelseniana de las normas; supremacía constitucional; conflictos entre normas; derogación y abrogación **III:** El papel de la jurisprudencia y el precedente judicial en los sistemas de derecho civil frente al stare decisis del common law; la doctrina como fuente persuasiva **IV:** Instrumentos de soft law: códigos de conducta, directrices, recomendaciones y su significado jurídico

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar las fuentes formales del derecho aplicables en un sistema jurídico determinado y explicar su relación jerárquica [Familiarizarse] **II:** Aplicar la jerarquía de normas para resolver conflictos entre reglas jurídicas de distinto rango [Usar] **III:** Comparar el papel de las decisiones judiciales como fuente del derecho en los sistemas de derecho civil y de common law [Evaluar]

Bibliografía: [Correa, 2009, Vásquez, 2014]

5.2 Estructura y Validez de las Normas Jurídicas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** La distinción hartiana entre reglas primarias impositivas de deberes y reglas secundarias atributivas de potestades (reconocimiento, cambio, adjudicación) **II:** La distinción de Dworkin entre reglas y principios; el peso y la ponderación en los casos difíciles; la integridad en el derecho **III:** Validez formal (dictada por autoridad competente), validez sustantiva (conformidad constitucional) y eficacia sociológica **IV:** Operadores deónticos: obligación, permisión, prohibición; conflictos normativos y su resolución (lex superior, lex posterior, lex specialis)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir la diferencia estructural entre reglas jurídicas y principios jurídicos, y explicar cómo opera cada uno en el razonamiento jurídico [Familiarizarse] **II:** Distinguir las normas válidas de las eficaces y aplicar los criterios de validez formal y sustantiva a una disposición legal concreta [Usar] **III:** Resolver conflictos normativos utilizando los criterios lex superior, lex posterior y lex specialis, y justificar la solución adoptada [Evaluar]

Bibliografía: [Correa, 2009, Vásquez, 2014]

5.3 Personas Naturales: Capacidad y Estado Civil, 2 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Inicio de la personalidad: nacimiento con vida y protección del concebido (nasciturus); fin de la personalidad: muerte, presunción de muerte y declaración de ausencia **II:** Capacidad de goce frente a capacidad de ejercicio; restricciones aplicables a menores de edad y personas con interdicción judicial; emancipación **III:** Nombre, domicilio y Registro Civil como atributos de la persona; actos sujetos a inscripción obligatoria (nacimiento, matrimonio, defunción) **IV:** Derechos de la personalidad: derecho a la vida, integridad física, honor, imagen e intimidad; remedios civiles ante su vulneración

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los requisitos para el inicio y el fin de la personalidad jurídica y distinguir la capacidad de goce de la capacidad de ejercicio [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas de capacidad para determinar si un menor de edad o una persona con interdicción judicial puede realizar válidamente un acto jurídico dado [Usar] **III:** Analizar un conflicto sobre el estado civil o los derechos de la personalidad de una persona y evaluar los remedios civiles disponibles [Evaluar]

Bibliografía: [Sessarego, 2015]

5.4 Personas Jurídicas: Constitución, Atributos y Extinción, 2 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Persona jurídica definida y distinguida de la persona natural; principales tipos: asociaciones, fundaciones, comités y sociedades de derecho privado y público **II:** Acto constitutivo e inscripción registral; atributos de la persona jurídica: nombre, domicilio, nacionalidad y patrimonio autónomo respecto del de sus miembros **III:** Representación legal a través de órganos y representantes; capacidad limitada por el objeto social; responsabilidad de los representantes por actos que excedan dicho objeto **IV:** Causales de disolución, proceso de liquidación y extinción de la personalidad jurídica; protección de los acreedores durante la liquidación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los principales tipos de personas jurídicas reconocidos por el derecho civil y describir los atributos que las distinguen de las personas naturales [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas de representación legal y objeto social para determinar si un acto realizado por un representante vincula a la persona jurídica [Usar] **III:** Evaluar el proceso de disolución y liquidación de una persona jurídica y valorar las protecciones disponibles para sus acreedores [Evaluar]

Bibliografía: [Sessarego, 2015]

5.5 Fundamentos de las Obligaciones, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: **I:** La obligación definida: vínculo jurídico (vinculum iuris), deudor y acreedor, objeto (conducta o prestación) e interés patrimonial del acreedor **II:** Clasificación por el objeto (dar, hacer, no hacer), por pluralidad de sujetos (conjunta, mancomunada, solidaria) y por modalidades (pura, condicional, modal, a plazo) **III:** Modos de extinción: pago/cumplimiento, novación, compensación, confusión, remisión, imposibilidad sobrevenida y prescripción **IV:** Plurality of parties: joint obligations (mancomunadas) vs. solidary obligations (solidarias); active and passive solidarity

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los elementos esenciales de una obligación civil y clasificar una obligación dada según su objeto y estructura [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas sobre los modos de extinción para determinar si una obligación específica ha quedado extinguida [Usar] **III:** Analizar una relación obligacional compleja que involucre solidaridad e indivisibilidad y determinar los derechos y deberes de cada parte [Evaluar]

Bibliografía: [Parodi and Freyre, 2008]

5.6 Formación y Validez del Contrato, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: **I:** Elementos esenciales: oferta y aceptación, consentimiento libre e informado, capacidad legal de las partes, objeto lícito y posible, y causa lícita **II:** Vicios del consentimiento: error (de sustancia y de persona), dolo, intimidación y lesión; efecto sobre la validez del contrato **III:** Nulidad absoluta: causales y efectos; nulidad relativa/anulabilidad: causales, confirmación y acción de anulación **IV:** Electronic contracts: formation via digital platforms, click-wrap and browse-wrap agreements, e-signature validity under UNCITRAL Model Law

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los elementos esenciales requeridos para la validez de un contrato en el derecho civil e identificar las consecuencias cuando cada elemento está ausente o es defectuoso [Familiarizarse] **II:** Determinar si un contrato es nulo o anulable ante un conjunto de hechos que involucren consentimiento defectuoso o falta de capacidad [Usar] **III:** Evaluar el fundamento jurídico de la distinción entre nulidad absoluta y relativa y analizar sus consecuencias prácticas para los derechos de terceros [Evaluar]

Bibliografía: [de la Puente y Lavalle, 2001]

5.7 Concepto y Contenido del Dominio, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: I: La propiedad como el derecho real más amplio: ius utendi, fruendi, abutendi; carácter absoluto, exclusivo y perpetuo; objeto del dominio (cosas corporales e incorporales) **II:** Límites constitucionales al dominio: función social y ecológica; expropiación por causa de utilidad pública (requisitos, indemnización y procedimiento) **III:** Relaciones de vecindad: restricciones a las inmisiones, derecho de paso, deslinde y encroachments; doctrina del abuso del derecho **IV:** Indigenous communal property and collective territorial rights under ILO Convention 169: inalienability of ancestral lands, prior consultation,

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los atributos del dominio en el derecho civil y explicar las limitaciones constitucionales y legales al ejercicio del derecho de propiedad [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas de vecindad y del abuso del derecho para resolver un litigio entre propietarios colindantes [Usar] **III:** Evaluar la tensión entre el carácter absoluto del dominio y la doctrina de la función social de la propiedad según el derecho constitucional latinoamericano [Evaluar]

Bibliografía: [Valdez and Arana, 2017]

5.8 Derechos Reales Limitados: Usufructo, Servidumbres y Garantías, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: I: Usufructo: contenido, duración, obligaciones del usufructuario (inventario, caución, conservación) y modos de extinción **II:** Servidumbres prediales: positivas y negativas; aparentes y no aparentes; continuas y discontinuas; constitución por título, prescripción y destino del padre de familia **III:** Hipoteca: carácter accesorio, requisito de inscripción registral, ejecución mediante subasta judicial; prenda: requisito de desplazamiento posesorio, prenda sin desplazamiento **IV:** Fiduciary transfer (fideicomiso / patrimonio autónomo): structure as a separate estate, uses in project finance and estate planning, obligations of the trustee,

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales categorías de derechos reales limitados y explicar cómo cada uno afecta el haz de facultades del propietario [Familiarizarse] **II:** Distinguir el usufructo del arrendamiento y las servidumbres prediales de las servidumbres personales, identificando las consecuencias jurídicas de cada calificación [Usar] **III:** Evaluar la adecuación de la hipoteca como instrumento de garantía en comparación con la prenda en una operación de financiamiento comercial [Evaluar]

Bibliografía: [Valdez and Arana, 2017]

5.9 La Relación Individual de Trabajo, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: I: Contrato de trabajo definido: subordinación (dependencia), prestación personal y remuneración; indicadores de subordinación: horario, instrucciones, herramientas, exclusividad **II:** Tipos de contratos: a plazo indeterminado, a plazo fijo, a tiempo parcial, de temporada, de aprendizaje, de teletrabajo; requisitos formales y obligación de contrato escrito **III:** Desnaturalización

del contrato: conversión del contrato a plazo fijo en indeterminado; relaciones triangulares: tercerización/outsourcing **IV:** Non-standard forms of employment: part-time, fixed-term, temporary agency work, and telework/remote work - applicable legal frameworks, rights, and employer obligations

Objetivos de Aprendizaje I: Definir el contrato individual de trabajo e identificar el elemento de subordinación que lo distingue del contrato de prestación de servicios independiente [Familiarizarse] **II:** Identificar los indicios de una relación laboral encubierta y determinar si el trabajador tiene derecho a las protecciones del derecho laboral [Usar] **III:** Analizar las consecuencias jurídicas de las relaciones laborales triangulares en cuanto a la responsabilidad del empleador principal frente a los trabajadores externalizados [Evaluar]

Bibliografía: [Mujica, 2009]

5.10 Extinción del Contrato de Trabajo, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: I: Causas justas de despido: tipos (falta grave, bajo rendimiento, causas económicas objetivas); requisitos procedimentales: comunicación escrita, audiencia previa **II:** Despido arbitrario: opciones de reposición o indemnización compensatoria; protección especial contra el despido: trabajadoras gestantes, representantes sindicales **III:** Indemnización por despido arbitrario (por años de servicios) y compensación por tiempo de servicios (CTS): cálculo, pago y causales de pérdida del beneficio **IV:** Individual dismissal: causas justas de despido, procedural requirements (prior written notice and hearing), severance pay calculation,

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las causales de despido justificado y los pasos procedimentales que el empleador debe seguir antes de extinguir el contrato de trabajo [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas de indemnización por despido para calcular el total de beneficios de liquidación adeudados a un trabajador despedido sin causa justa [Usar] **III:** Determinar la adecuación de la protección especial contra el despido para categorías vulnerables de trabajadores y evaluar su efecto sobre la flexibilidad del empleador [Evaluar]

Bibliografía: [Mujica, 2009]

5.11 Fundamentos de la Tributación, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: I: Obligación tributaria: hecho imponible, sujeto pasivo, base imponible y tasa; nacimiento, determinación y extinción de la obligación **II:** Clasificación de los tributos: impuestos, tasas y contribuciones; impuesto a la renta e Impuesto General a las Ventas (IGV); tributos municipales relevantes para la construcción y los bienes inmuebles (predial, alcabala) **III:** Facultades de la administración tributaria: fiscalización y cobranza; obligaciones del contribuyente: declaración, pago y llevado de libros contables; obligaciones de retención aplicables a los contratistas **IV:** Infracciones y sanciones tributarias; procedimiento contencioso-tributario y recursos de reclamación y apelación ante la administración tributaria y el tribunal fiscal

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los elementos esenciales de la obligación tributaria y clasificar los principales tributos aplicables a una actividad profesional o empresarial [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas del impuesto a la renta, el IGV y los tributos municipales para determinar las obligaciones tributarias de una empresa de ingeniería o un proyecto de construcción [Usar] **III:** Analizar un caso de controversia tributaria y evaluar los recursos administrativos disponibles frente a una determinación de la administración tributaria [Evaluar]

Bibliografía: [Cucci, 2015]

5.12 Contratación Pública y Concesiones, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-4

Tópicos: **I:** Principios de la contratación pública: publicidad, competencia, igualdad de trato y transparencia; procedimientos de adjudicación: licitación abierta, restringida **II:** Cláusulas exorbitantes del contrato público: ius variandi, facultad de resolución por razón de interés público, poderes de dirección y control **III:** Contratos de concesión: concesión de servicio público, concesión de obra; asociaciones público-privadas (APP): distribución de riesgos, recuperación de la inversión **IV:** Claims and disputes in public contracts: contractual claims mechanism, dispute boards, and administrative arbitration as alternative to judicial review of public contract conflicts

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los principales procedimientos de contratación pública e identificar los principios jurídicos que rigen la adjudicación de contratos públicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar las reglas sobre las cláusulas exorbitantes para determinar el derecho del Estado a modificar un contrato público y el derecho del contratista al reequilibrio económico [Usar] **III:** Comparar el régimen jurídico del contrato público con el del contrato de derecho privado, identificando las normas especiales [Evaluar]

Bibliografía: [Linares, 2019, Ordóñez, 2016]

5.13 Responsabilidad Civil y Penal del Ingeniero Civil en Obras, 6 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Responsabilidad civil contractual del ingeniero proyectista y del constructor frente al comitente: vicios de construcción y defectos ocultos de la obra. **II:** Responsabilidad civil extracontractual: daños a terceros y a predios vecinos derivados de la ejecución de una obra (colapsos, fallas estructurales, afectación de servicios públicos). **III:** Responsabilidad penal culposa del ingeniero civil: delitos de homicidio y lesiones culposas derivados de la falla o colapso de una obra. **IV:** El delito de peligro común por defectos de construcción (Código Penal peruano, Art. 273). **V:** El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y las normas técnicas como estándar objetivo de la diligencia debida y la determinación de negligencia profesional. **VI:** Distinción de responsabilidades entre el proyectista, el constructor y el supervisor de obra. **VII:** El seguro de responsabilidad civil profesional y las pólizas todo riesgo de construcción (CAR) como mecanismos de gestión del riesgo legal.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar los supuestos de responsabilidad civil contractual y extracontractual que puede enfrentar un ingeniero civil al planificar o ejecutar una obra [Usar]. **II:** Reconocer los tipos penales culposos y de peligro común aplicables al ejercicio de la ingeniería civil ante fallas o colapsos de obra [Usar]. **III:** Aplicar el estándar del Reglamento Nacional de Edificaciones para evaluar la diligencia debida en el ejercicio profesional [Evaluar].

Bibliografía: [Cruz, 2019, Terreros, 2021]

6. Bibliografía

[Correa, 2009] Correa, M. R. (2009). *El Sistema Jurídico: Introducción al Derecho*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 10th edition.

[Cruz, 2019] Cruz, G. F. (2019). *Introducción a la Responsabilidad Civil: Lecciones Universitarias*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

[Cucci, 2015] Cucci, J. B. (2015). *Fundamentos de Derecho Tributario*. Jurista Editores, 6th edition.

[de la Puente y Lavalle, 2001] de la Puente y Lavalle, M. (2001). *El Contrato en General: Comentarios a la Sección Primera del Libro VII del Código Civil*. Palestra Editores.

[Linares, 2019] Linares, A. R. (2019). *Contrataciones y Adquisiciones del Estado y Normas de Control: Análisis y Comentarios*. Gaceta Jurídica, 16th edition.

[Mujica, 2009] Mujica, J. N. (2009). *Introducción al Derecho del Trabajo*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2nd edition.

[Ordóñez, 2016] Ordóñez, J. D. (2016). *El Régimen de la Contratación Estatal en el Perú*. Palestra Editores.

[Parodi and Freyre, 2008] Parodi, F. O. and Freyre, M. C. (2008). *Compendio de Derecho de las Obligaciones*. Palestra Editores.

[Sessarego, 2015] Sessarego, C. F. (2015). *Derecho de las Personas: Exposición de Motivos y Comentarios al Libro Primero del Código Civil Peruano*. Editorial Motivensa, 11th edition.

[Terreros, 2021] Terreros, F. A. V. (2021). *Derecho Penal: Parte General*. Editorial Grijley.

[Valdez and Arana, 2017] Valdez, J. A. and Arana, F. A. (2017). *Derechos Reales*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

[Vásquez, 2014] Vásquez, A. T. (2014). *Introducción al Derecho: Teoría General del Derecho*. Instituto Pacífico, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)

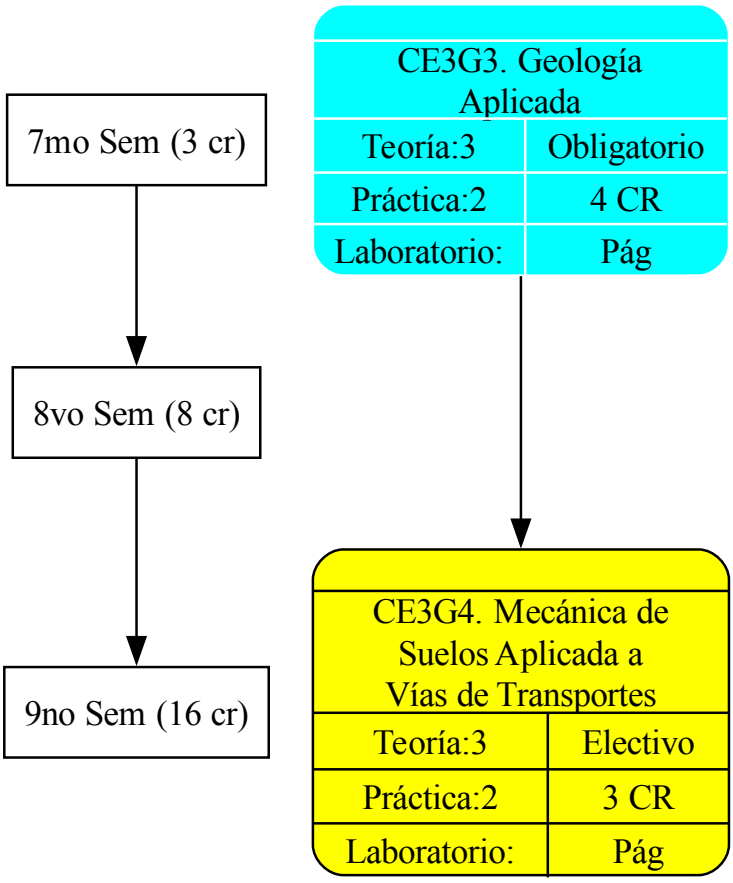


Figura 7.74: Mapa de Conexión. CE3G4 Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes

2. Fundamentación

Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes es el curso de pavimentos de la línea de Ingeniería Geotécnica, que se apoya en el comportamiento de la subrasante establecido en Mecánica de Suelos II para abordar el diseño, la evaluación y la gestión de la estructura del pavimento propiamente dicha. El curso desarrolla primero la filosofía de diseño de pavimentos y los mecanismos por los cuales fallan los pavimentos flexibles y rígidos, luego cubre los parámetros de tránsito, subrasante y materiales que rigen el diseño de pavimentos, el diseño estructural de pavimentos flexibles y rígidos

mediante métodos empíricos y mecanístico-empíricos, y los criterios usados para decidir cuándo y cómo rehabilitar un pavimento existente. El curso cierra con las técnicas de evaluación superficial y estructural (levantamientos de fallas, rugosidad y ensayos de deflexión) usadas para diagnosticar la condición de un pavimento en servicio, y la planificación de mantenimiento y rehabilitación que se deriva de ese diagnóstico.

3. Objetivos del curso.

- Caracterizar materiales de subrasante, agregados y asfalto, y reconocer tipos de pavimento y mecanismos de falla relevantes para el diseño de pavimentos.
- Determinar los parámetros de tránsito, confiabilidad, servicialidad y ambientales requeridos como datos de entrada para el diseño estructural de pavimentos.
- Diseñar estructuras de pavimento flexible y rígido mediante métodos empíricos y mecanístico-empíricos, y seleccionar estrategias de rehabilitación con base en criterios establecidos.
- Realizar evaluaciones de fallas superficiales y rugosidad en pavimentos en servicio, incluyendo el cálculo del índice de condición del pavimento (PCI).
- Realizar la evaluación estructural de pavimentos mediante ensayos de deflexión, y retrocalcular los módulos de capa para evaluar la capacidad estructural.
- Estimar la vida útil remanente de un pavimento y desarrollar planes de programa de mantenimiento y rehabilitación.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Materiales de Pavimento y Caracterización, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Tipos de pavimento y componentes estructurales **II:** Propiedades del ligante asfáltico y de las mezclas asfálticas **III:** Propiedades de los agregados y requisitos de gradación **IV:** Caracterización y estabilización de la subrasante **V:** Tecnologías sostenibles de pavimentación y reciclaje

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar tipos de pavimento y describir sus funciones estructurales [Familiarizarse] **II:** Caracterizar ligantes asfálticos y diseñar mezclas asfálticas [Evaluar] **III:** Evaluar la calidad de los agregados para aplicaciones en pavimentos [Usar] **IV:** Evaluar la resistencia de la subrasante y especificar tratamientos de estabilización [Evaluar] **V:** Incorporar prácticas sostenibles y materiales reciclados en el diseño de pavimentos [Familiarizarse]

Bibliografía: [Huang, 2004]

5.2 Diseño y Gestión de Pavimentos, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Caracterización de la carga de tránsito y cálculo del eje simple equivalente de diseño (ESAL) **II:** Confiabilidad de diseño, serviciabilidad y factores de drenaje/ambientales en el diseño de pavimentos **III:** Diseño de pavimentos flexibles usando métodos empíricos **IV:** Diseño

de pavimentos rígidos y sistemas de juntas **V:** Métodos de diseño de pavimentos mecanicista-empíricos **VI:** Predicción del desempeño de pavimentos y mecanismos de deterioro **VII:** Estrategias de rehabilitación y diseño de sobrecapas **VIII:** Sistemas de gestión de pavimentos y análisis de costo del ciclo de vida

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el eje simple equivalente de diseño (ESAL) a partir de la composición del tránsito y proyecciones de crecimiento [Usar] **II:** Determinar la confiabilidad de diseño, la serviciabilidad y los parámetros de drenaje/ambientales para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos [Evaluar] **III:** Diseñar pavimentos flexibles usando métodos AASHTO o equivalentes [Evaluar] **IV:** Dimensionar el espesor de pavimentos rígidos y diseñar espaciamiento de juntas [Usar] **V:** Aplicar métodos mecanicista-empíricos para el diseño de pavimentos [Usar] **VI:** Predecir el desempeño de pavimentos e identificar mecanismos de deterioro [Evaluar] **VII:** Seleccionar estrategias de rehabilitación apropiadas y diseñar sobrecapas [Usar] **VIII:** Implementar sistemas de gestión de pavimentos y realizar análisis del ciclo de vida [Evaluar]

Bibliografía: [Huang, 2004, AASHTO, 1993]

5.3 Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Levantamiento visual de fallas y cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) **II:** Medición de la rugosidad del pavimento y el índice de rugosidad internacional (IRI) **III:** Evaluación estructural mediante ensayos de deflexión (deflectómetro de impacto, viga Benkelman) **IV:** Retrocálculo de los módulos de las capas del pavimento y evaluación de la capacidad estructural **V:** Estimación de la vida útil remanente y selección de tratamientos de rehabilitación **VI:** Planificación y programación de mantenimiento y rehabilitación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar levantamientos visuales de fallas y calcular el índice de condición del pavimento (PCI) [Usar] **II:** Explicar los métodos de medición de rugosidad del pavimento e interpretar el índice de rugosidad internacional [Familiarizarse] **III:** Realizar la evaluación estructural de pavimentos en servicio mediante ensayos de deflexión [Usar] **IV:** Retrocalcular los módulos de las capas del pavimento a partir de los datos del cuenco de deflexión [Evaluar] **V:** Estimar la vida útil remanente de un pavimento y seleccionar un tratamiento apropiado [Evaluar] **VI:** Elaborar planes y cronogramas de mantenimiento y rehabilitación [Usar]

Bibliografía: [Huang, 2004, Hudson et al., 1997]

6. Bibliografía

[AASHTO, 1993] AASHTO (1993). Aashto guide for design of pavement structures. Technical report, American Association of State Highway and Transportation Officials.

[Huang, 2004] Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Pearson Prentice Hall, 2nd edition.

[Hudson et al., 1997] Hudson, W. R., Haas, R., and Uddin, W. (1997). *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*. McGraw-Hill.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G3 Geología Aplicada (7mo Sem-Pág 453)

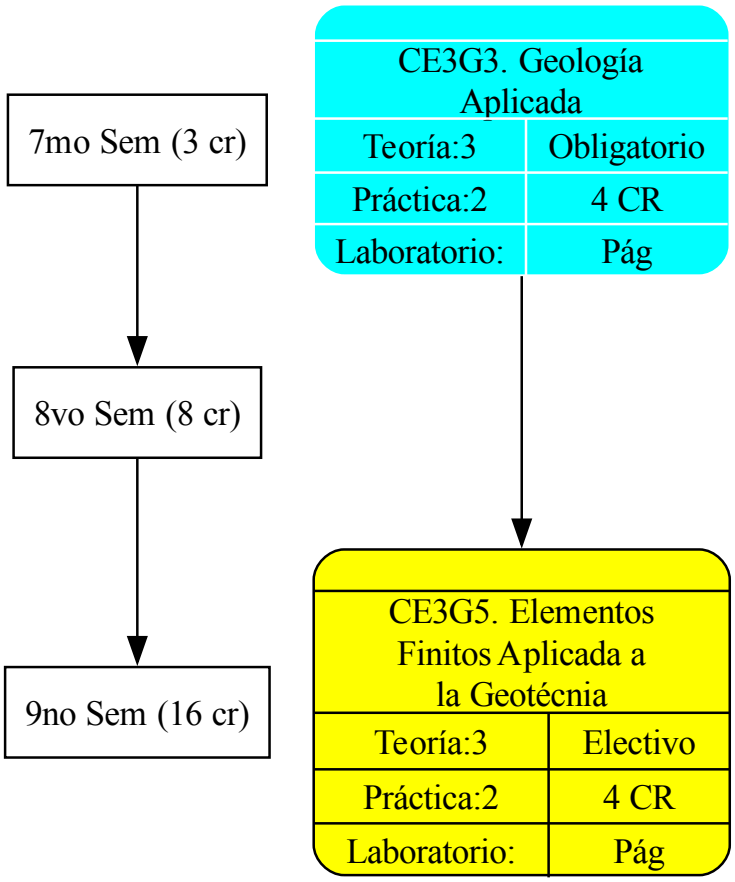


Figura 7.75: Mapa de Conexión. CE3G5 Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia

2. Fundamentación

Elementos Finitos Aplicada a la Geotecnia introduce el método de elementos finitos como herramienta numérica para el análisis y diseño de estructuras y problemas geotécnicos que no pueden resolverse de forma confiable con métodos clásicos de forma cerrada. Apoyándose en el marco de resistencia al corte, consolidación y diseño desarrollado en Mecánica de Suelos II y en los fundamentos de modelamiento numérico introducidos en Mecánica de Fluidos II, el curso desarrolla primero los fundamentos matemáticos del método de elementos finitos (formulación variacional, aproximación

de Galerkin, espacios de elementos finitos y estimación de error) y luego los aplica a problemas específicamente geotécnicos: condiciones de contorno, estados de esfuerzo iniciales y modelamiento de construcción por etapas; análisis unidimensional de consolidación e interacción pilote-suelo; análisis bidimensional en deformación plana de excavaciones, terraplenes y estructuras de retención; una introducción al análisis numérico dinámico de problemas geotécnicos sísmicos; y los modelos constitutivos de suelos (Mohr-Coulomb, Cam-Clay y Hardening Soil Model) que hacen tratable el comportamiento no lineal del suelo en software de elementos finitos. Como parte de la línea de especialización en Ingeniería Geotécnica, el curso prepara a los estudiantes para usar herramientas modernas de modelamiento numérico en el ejercicio profesional del diseño geotécnico.

3. Objetivos del curso.

- Derivar y formular el método de elementos finitos (formulación débil, aproximación de Galerkin y estimación de error) para problemas de valores de contorno.
- Establecer condiciones de contorno apropiadas, estados de esfuerzo iniciales y secuencias de construcción por etapas para modelos geotécnicos de elementos finitos.
- Formular modelos unidimensionales de elementos finitos para problemas de consolidación e interacción pilote-suelo.
- Desarrollar modelos bidimensionales de elementos finitos en deformación plana para problemas de diseño de excavaciones, terraplenes y estructuras de retención.
- Analizar la respuesta dinámica de sistemas geotécnicos mediante análisis numérico dinámico.
- Seleccionar y aplicar modelos constitutivos de suelos (Mohr-Coulomb, Cam-Clay, Hardening Soil Model) apropiados para el análisis geotécnico no lineal por elementos finitos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Método de Elementos Finitos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Formulación débil (variacional) de problemas de valor en la frontera y espacios de Sobolev **II:** Método de Galerkin: espacios de aproximación de dimensión finita y matriz de rigidez **III:** Espacios de elementos finitos triangulares y cuadriláteros: elementos de Lagrange y conformidad **IV:** Estimaciones de error a priori: lema de Céa y cotas de error de interpolación **V:** Estimaciones de error a posteriori y refinamiento adaptativo de malla

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar la formulación débil de un PVE elíptico y mostrar su equivalencia con la forma fuerte [Familiarizarse] **II:** Ensamblar la matriz de rigidez global y el vector de carga para una discretización lineal por elementos finitos [Usar] **III:** Estimar el error en H^1 de una solución por elementos finitos usando el lema de Céa y la teoría de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Reddy, 2019]

5.2 Modelamiento Numérico Geotécnico y Aplicaciones, 50 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Condiciones de contorno, estado de esfuerzos inicial y construcción por etapas (secuencia de excavación y relleno) en modelos geotécnicos de elementos finitos **II:** Modelamiento de la interacción suelo-estructura: elementos de interfaz y comportamiento de contacto entre el suelo y elementos estructurales **III:** Modelos numéricos unidimensionales para consolidación e interacción pilote-suelo bajo carga axial **IV:** Modelos numéricos bidimensionales en deformación plana para excavaciones, terraplenes y estructuras de retención **V:** Análisis numérico dinámico de la respuesta sísmica de sitio y la interacción dinámica suelo-estructura **VI:** Modelos constitutivos de suelos: Mohr-Coulomb, Cam-Clay y Hardening Soil Model para análisis geotécnico no lineal

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar las condiciones de contorno, el estado de esfuerzos inicial y la secuencia de construcción por etapas requeridos en modelos geotécnicos de elementos finitos [Familiarizarse] **II:** Modelar la interacción suelo-estructura utilizando elementos de interfaz en una malla de elementos finitos [Usar] **III:** Formular modelos unidimensionales de elementos finitos para problemas de consolidación e interacción pilote-suelo [Usar] **IV:** Desarrollar modelos bidimensionales de elementos finitos en deformación plana para problemas de excavación, terraplenes y estructuras de retención [Usar] **V:** Analizar la respuesta dinámica de sistemas geotécnicos mediante análisis numérico dinámico [Evaluar] **VI:** Seleccionar y aplicar modelos constitutivos de suelos apropiados (Mohr-Coulomb, Cam-Clay, Hardening Soil Model) en análisis no lineal de elementos finitos [Usar]

Bibliografía: [Potts and Zdravković, 2001, Zienkiewicz et al., 2013, Kramer, 1996]

5.3 Ingeniería Geotécnica Sísmica, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-6

Tópicos: **I:** Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo **II:** Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno **III:** Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño **IV:** Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes **V:** Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción **VI:** Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura **VII:** Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio **VIII:** Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas **IX:** Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción **X:** Desplazamiento lateral y fallas por flujo **XI:** Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante **XII:** Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos de suelo [Usar] **II:** Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse] **III:** Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar] **IV:** Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar] **V:** Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar] **VI:** Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse] **VII:** Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar] **VIII:** Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar] **IX:** Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar] **X:** Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar] **XI:** Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar] **XII:** Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]

Bibliografía: [Kramer, 1996, Das, 2019]

6. Bibliografía

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Potts and Zdravković, 2001] Potts, D. M. and Zdravković, L. (2001). *Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering: Theory and Application*. Thomas Telford Publishing.

[Reddy, 2019] Reddy, J. N. (2019). *An Introduction to the Finite Element Method*. McGraw-Hill, 4th edition.

[Zienkiewicz et al., 2013] Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., and Zhu, J. Z. (2013). *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*. Butterworth-Heinemann, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G6 Presas de Tierra (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G1 Dinámica de Suelos (8vo Sem-Pág 474)

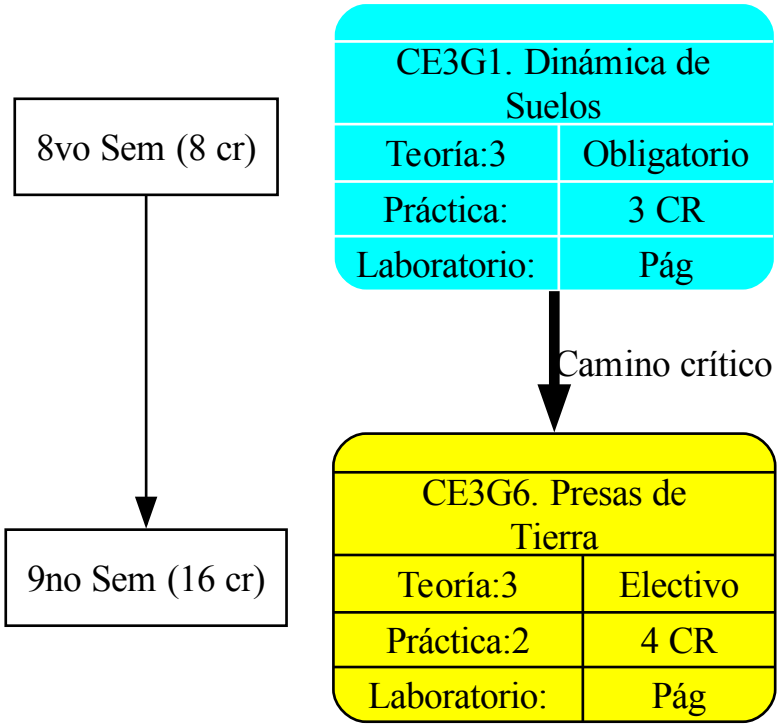


Figura 7.76: Mapa de Conexión. CE3G6 Presas de Tierra

2. Fundamentación

Presas de Tierra es una electiva de especialización de la línea de Ingeniería Geotécnica que aplica el marco de resistencia al corte, flujo de agua y estabilidad de taludes desarrollado en Mecánica de Suelos II, junto con el marco de canales abiertos y estructuras hidráulicas desarrollado en Mecánica de Fluidos II, al análisis, diseño, construcción y seguridad operacional de presas de materiales sueltos (tierra y enrocado). El curso comienza con la definición y tipología de las presas de tierra y la caracterización geotécnica de los materiales de fundación y de cantera específicos de proyectos de presas, luego desarrolla el programa de investigación específico para presas -apoyándose en las técnicas generales de investigación del subsuelo introducidas en Mecánica de Suelos I- que sustenta el diseño del terraplén. A continuación aborda el diseño geotécnico del terraplén propiamente dicho: control de filtraciones mediante núcleos, cortinas de inyección y pantallas de impermeabilización; estabilidad de taludes de la presa bajo condiciones de estado estacionario, desembalse rápido y sismo; y diseño de filtros y drenes

contra la erosión interna. El curso cierra con los sistemas de instrumentación y monitoreo usados para verificar el comportamiento del terraplén, los aspectos constructivos del tratamiento de fundación y la colocación del relleno, y las prácticas de gestión operacional y seguridad -vigilancia, evaluación de riesgos y planificación de emergencias- requeridas durante la vida útil de una presa.

3. Objetivos del curso.

- Clasificar tipologías de presas de tierra y enrocado y describir la zonificación de una presa de materiales sueltos.
- Caracterizar los materiales de fundación y de cantera para el diseño de una presa de materiales sueltos.
- Planificar e interpretar programas de investigación geotécnica específicos de proyectos de presas, incluyendo ensayos de permeabilidad de la fundación y evaluación de canteras.
- Diseñar medidas de control de filtraciones y sistemas de filtros y drenes, y evaluar la estabilidad de taludes de una presa de materiales sueltos.
- Diseñar un programa de instrumentación y monitoreo para seguir el comportamiento de la presa durante la construcción y la operación.
- Aplicar prácticas de control de calidad constructivo para el tratamiento de fundación y la colocación del relleno en presas de materiales sueltos.
- Evaluar prácticas de gestión de la seguridad de presas, incluyendo la evaluación de riesgos y la planificación de emergencias, para la operación de la presa.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Presas de Tierra, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición, función y rol de las presas de tierra dentro de la infraestructura de recursos hídricos **II:** Tipología de presas de materiales sueltos: presas homogéneas y zonificadas de tierra/enrocado, y criterios de selección **III:** Zonificación de la presa: núcleo, espaldones, filtros, drenes y zonas de transición **IV:** Factores de selección de sitio y consideraciones de factibilidad del embalse/eje de presa

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la función de las presas de tierra y su rol dentro de la infraestructura de recursos hídricos [Familiarizarse] **II:** Clasificar las presas de materiales sueltos por tipo y seleccionar una tipología apropiada según las condiciones de sitio y materiales [Evaluar] **III:** Describir la zonificación de una presa de tierra y la función de cada zona (núcleo, espaldones, filtros, drenes) [Familiarizarse] **IV:** Evaluar los factores de selección de sitio que determinan el tipo y ubicación de la presa [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, U.S. Bureau of Reclamation, 1987]

5.2 Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Caracterización geotécnica de la fundación: condiciones de fundación en roca y suelo para presas de materiales sueltos **II:** Caracterización de materiales de cantera para las zonas de núcleo, espaldón y filtro **III:** Propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de relleno compactado **IV:** Caracterización de la permeabilidad de los materiales de fundación y del terraplén **V:** Identificación de suelos dispersivos y evaluación de la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Caracterizar las condiciones de suelo y roca de la fundación relevantes para el diseño de presas de materiales sueltos [Evaluar] **II:** Evaluar fuentes de material de cantera para su idoneidad como material de núcleo, espaldón o filtro [Usar] **III:** Determinar las propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de terraplén compactado [Evaluar] **IV:** Evaluar el potencial de dispersividad y la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, U.S. Bureau of Reclamation, 1987]

5.3 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Planificación de la investigación y determinación del alcance **II:** Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo **III:** Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas **IV:** Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones **V:** Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos **VI:** Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono **VII:** Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro **VIII:** Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad **IX:** Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros **X:** Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos **XI:** Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación **XII:** Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] **II:** Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] **III:** Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] **IV:** Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] **V:** Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] **VI:** Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] **VII:** Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] **VIII:** Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] **IX:** Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] **X:** Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] **XI:** Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar] **XII:** Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019, Fell et al., 2015]

5.4 Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo y métodos numéricos **II:** Medidas de control de filtraciones: diseño del núcleo, pantallas de impermeabilización y cortinas de inyecciones **III:** Criterios de diseño de filtros y drenes para prevenir la erosión interna y el sifonamiento (piping) **IV:** Análisis de estabilidad de taludes aguas arriba y aguas abajo de la presa bajo condiciones estáticas y de vaciado rápido **V:** Consideraciones de diseño sísmico y análisis de deformaciones para presas de materiales sueltos

VI: Determinación del borde libre y tolerancia de asentamientos/contraflecha en el diseño del terraplén

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar las filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo o modelos numéricos de filtración [Evaluar] **II:** Diseñar medidas de control de filtraciones incluyendo núcleos impermeables, pantallas y cortinas de inyecciones [Usar] **III:** Diseñar las zonas de filtro y dren según criterios de sifonamiento y erosión interna [Evaluar] **IV:** Evaluar la estabilidad de taludes de la presa bajo condiciones de filtración en régimen permanente, vaciado rápido y fin de construcción [Usar] **V:** Incorporar la carga sísmica y el análisis de deformaciones en el diseño de la presa de materiales sueltos [Evaluar] **VI:** Determinar el borde libre y las tolerancias de asentamiento para el diseño del terraplén [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, Sherard et al., 1963, U.S. Army Corps of Engineers, 2003]

5.5 Instrumentación y Monitoreo de Presas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Planificación de la instrumentación: objetivos, parámetros a monitorear y selección de instrumentos **II:** Piezómetros y sistemas de medición de presión de poros **III:** Monitoreo de asentamientos y deformaciones: hitos superficiales, inclinómetros y extensómetros **IV:** Monitoreo del caudal de filtración mediante vertederos y dispositivos de medición de caudal **V:** Adquisición de datos, automatización e interpretación de los registros de monitoreo **VI:** Valores umbral (de alerta/alarma) y criterios de evaluación del comportamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Planificar un programa de instrumentación definiendo los objetivos y parámetros de monitoreo [Usar] **II:** Seleccionar y ubicar piezómetros para monitorear la presión de poros dentro del terraplén y la fundación [Evaluar] **III:** Especificar instrumentos de monitoreo de deformaciones (hitos, inclinómetros, extensómetros) para una presa de materiales sueltos [Usar] **IV:** Monitorear el caudal de filtración e interpretar tendencias respecto a las condiciones basales [Evaluar] **V:** Interpretar los datos de monitoreo y establecer valores umbral para las alertas de seguridad de la presa [Usar]

Bibliografía: [Dunnicliff, 1993, Fell et al., 2015]

5.6 Construcción de Presas de Tierra, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Preparación y tratamiento de la fundación: descapote, inyecciones y excavación de la trinchera de impermeabilización **II:** Colocación y compactación de los materiales de núcleo, filtro y espaldón **III:** Control de calidad de la compactación en campo y ensayos de aceptación **IV:** Secuencia constructiva, construcción por etapas y desvío del río durante la construcción **V:** Monitoreo durante la etapa constructiva y verificación de planos conforme a obra

Objetivos de Aprendizaje I: Especificar los métodos de tratamiento de la fundación, incluyendo la excavación de la trinchera de impermeabilización y las inyecciones [Usar] **II:** Controlar la colocación y compactación del relleno para cumplir las especificaciones de diseño [Evaluar] **III:** Verificar la calidad de la compactación mediante ensayos de aceptación en campo [Usar] **IV:** Secuenciar la construcción del terraplén considerando la construcción por etapas y el desvío del río [Evaluar]

Bibliografía: [U.S. Bureau of Reclamation, 1987, Fell et al., 2015]

5.7 Operación y Gestión de la Seguridad de Presas, 8 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Programas de vigilancia de presas: inspección visual y procedimientos de evaluación periódica **II:** Evaluación de riesgos y clasificación de peligro de presas **III:** Planes de acción de emergencia y mapeo de peligro/inundación aguas abajo **IV:** Marco regulatorio y programas de seguridad de presas (p. ej., regulaciones de seguridad de presas de la ANA del Perú) **V:** Rehabilitación, desmantelamiento y gestión de infraestructura envejecida de presas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar inspecciones de vigilancia de la presa y evaluar indicadores de comportamiento [Usar] **II:** Clasificar el potencial de peligro de la presa y evaluar los riesgos asociados [Evaluar] **III:** Desarrollar un plan de acción de emergencia que incluya el mapeo de inundación aguas abajo [Usar] **IV:** Aplicar los requisitos regulatorios de seguridad de presas a una presa en operación [Evaluar] **V:** Proponer medidas de rehabilitación para infraestructura de presas envejecida o deficiente [Usar]

Bibliografía: [Federal Emergency Management Agency, 2004, Fell et al., 2015]

6. Bibliografía

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Dunnicliff, 1993] Dunnicliff, J. (1993). *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*. John Wiley & Sons.

[Federal Emergency Management Agency, 2004] Federal Emergency Management Agency (2004). Federal guidelines for dam safety. Technical Report FEMA 93, FEMA.

[Fell et al., 2015] Fell, R., MacGregor, P., Stapledon, D., Bell, G., and Foster, M. (2015). *Geotechnical Engineering of Dams*. CRC Press, 2nd edition.

[Sherard et al., 1963] Sherard, J. L., Woodward, R. J., Gizienski, S. F., and Clevenger, W. A. (1963). *Earth and Earth-Rock Dams: Engineering Problems of Design and Construction*. John Wiley & Sons.

[U.S. Army Corps of Engineers, 2003] U.S. Army Corps of Engineers (2003). Engineering and design: Slope stability. Technical Report EM 1110-2-1902, U.S. Army Corps of Engineers.

[U.S. Bureau of Reclamation, 1987] U.S. Bureau of Reclamation (1987). Design of small dams. Technical report, U.S. Government Printing Office.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)

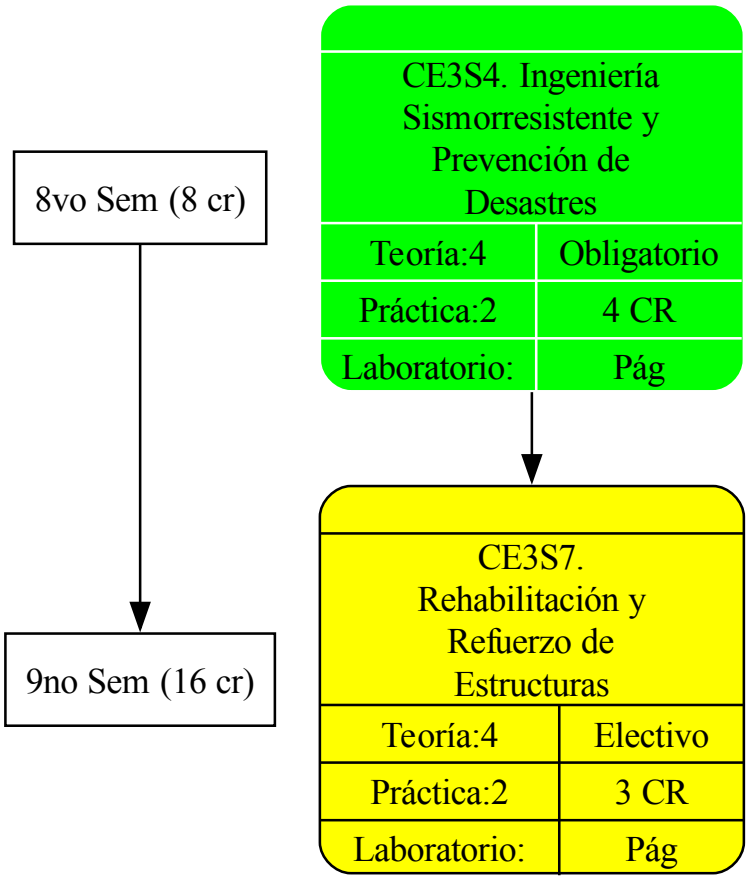


Figura 7.77: Mapa de Conexión. CE3S7 Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras

2. Fundamentación

La Rehabilitación y Refuerzo Estructural aborda la evaluación, el reforzamiento y la rehabilitación de la infraestructura civil existente en el Perú. Partiendo de los fundamentos de ingeniería sísmica del curso de Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres, el curso comienza con el contexto nacional de la infraestructura peruana envejecida y deficiente, y una revisión de los criterios del código de diseño sísmico que establecen las expectativas de desempeño base contra las cuales se evalúan las estructuras existentes. Los estudiantes luego caracterizan las cargas permanentes, vivas, ambientales

y de deterioro que actúan sobre las estructuras existentes, y estudian el comportamiento no lineal de los componentes estructurales — incluyendo la respuesta histérica, el modelado de rótulas plásticas y el análisis pushover — requerido para evaluar el desempeño estructural más allá del rango elástico. El curso cierra con los procedimientos de evaluación en campo, y las técnicas de rehabilitación de resistencia, ductilidad, durabilidad y serviciabilidad utilizadas para rehabilitar estructuras existentes.

3. Objetivos del curso.

- Describir el contexto nacional y la condición de la infraestructura civil existente en el Perú y el marco normativo aplicable a su evaluación y rehabilitación.
- Caracterizar las cargas permanentes, vivas, ambientales y de deterioro que actúan sobre las estructuras existentes.
- Aplicar métodos de análisis estructural no lineal, incluyendo el análisis pushover y la evaluación basada en desplazamientos, para evaluar el desempeño de estructuras existentes.
- Realizar procedimientos de evaluación en campo, incluyendo ensayos no destructivos, para evaluar la condición de estructuras existentes.
- Diseñar intervenciones de reforzamiento y rehabilitación para mejorar la resistencia, ductilidad, durabilidad y serviciabilidad de estructuras existentes.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Contexto Nacional de la Infraestructura Civil Existente, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Panorama del inventario y la condición de la infraestructura civil existente del Perú: edificaciones, puentes y líneas vitales **II:** Causas y consecuencias del déficit de infraestructura: antigüedad, mantenimiento inadecuado, construcción informal y vulnerabilidad sísmica **III:** Implicancias económicas, sociales y de gestión de riesgos de la rehabilitación frente al reemplazo de infraestructura **IV:** Marco institucional y normativo para la rehabilitación de estructuras existentes en el Perú

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir la condición y tipología de la infraestructura civil existente del Perú [Familiarizarse] **II:** Explicar las causas y consecuencias del déficit de infraestructura en el contexto peruano [Familiarizarse] **III:** Discutir los criterios económicos y de gestión de riesgos utilizados para decidir entre la rehabilitación y el reemplazo de infraestructura existente [Usar]

Bibliografía: [of Civil Engineers, 2021]

5.2 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Alcance y estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 **II:** Parámetros de peligro sísmico: zonificación (Z), factor de uso (U) y perfil de suelo (S) **III:** Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) **IV:** Irregularidades estructurales en planta: torsional, esquinas entrantes y discontinuidad de diafragma **V:** Irregularidades

estructurales en altura: piso blando, piso débil e irregularidad de masa **VI:** Principios de estructuración: simetría, redundancia, hiperestaticidad y continuidad **VII:** Fuerza cortante mínima en la base y límites de distorsión de entrepiso

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar el alcance y la estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 [Familiarizarse] **II:** Determinar los parámetros de peligro sísmico (Z, U, S) aplicables a un sitio dado [Usar] **III:** Seleccionar el sistema estructural y el coeficiente de reducción R correspondiente [Usar] **IV:** Clasificar las irregularidades estructurales en planta y en altura de una edificación [Evaluar] **V:** Aplicar los principios de estructuración para proponer una configuración estructural regular [Usar] **VI:** Verificar el cortante mínimo en la base y los límites de distorsión de entrepiso [Evaluar]

Bibliografía: [Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivien

5.3 Naturaleza y Caracterización de las Cargas en Infraestructura Existente, 10 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Caracterización de cargas permanentes (muertas) y vivas para estructuras existentes **II:** Cargas ambientales: viento, efectos térmicos y asentamiento diferencial sobre la infraestructura **III:** Efectos de carga inducidos por el deterioro: corrosión, creep, contracción y fatiga **IV:** Reconstrucción del historial de cargas y estimación de cargas de servicio en estructuras existentes **V:** Sobrecargas y eventos de carga anormales: impacto, explosión y acciones accidentales **VI:** Combinaciones de carga para la evaluación estructural y el diseño de la rehabilitación

Objetivos de Aprendizaje I: Caracterizar las cargas permanentes y vivas aplicables a la infraestructura civil existente [Familiarizarse] **II:** Determinar los efectos de las cargas ambientales, incluyendo viento, efectos térmicos y asentamiento diferencial, sobre estructuras existentes [Usar] **III:** Identificar los efectos de carga inducidos por el deterioro, tales como corrosión, creep, contracción y fatiga [Evaluar] **IV:** Reconstruir el historial de cargas y estimar las cargas en servicio de una estructura existente [Usar] **V:** Reconocer las sobrecargas y eventos de carga anormales relevantes para la evaluación de infraestructura [Familiarizarse] **VI:** Establecer las combinaciones de carga apropiadas para la evaluación estructural y el diseño de la rehabilitación [Evaluar]

Bibliografía: [of Civil Engineers, 2022]

5.4 Comportamiento No Lineal de Estructuras, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: No linealidad material: comportamiento esfuerzo-deformación del concreto y del acero de refuerzo más allá de la fluencia **II:** No linealidad geométrica y efectos P-delta en la respuesta estructural **III:** Comportamiento histerético y disipación de energía de componentes estructurales bajo carga cíclica **IV:** Formación de rótulas plásticas, longitud de rótula y relaciones momento-curvatura **V:** Análisis estático no lineal (pushover) y desarrollo de la curva de capacidad **VI:** Demanda de ductilidad de desplazamiento y de curvatura **VII:** Niveles de desempeño y criterios de aceptación para componentes estructurales y no estructurales **VIII:** Métodos de evaluación basados en desplazamientos para estructuras existentes

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las fuentes materiales y geométricas del comportamiento estructural no lineal [Familiarizarse] **II:** Determinar las relaciones momento-curvatura y las propiedades de la rótula plástica de elementos estructurales [Usar] **III:** Realizar análisis estático no lineal (pushover) para desarrollar la curva de capacidad de una estructura [Usar] **IV:** Calcular las demandas de ductilidad de desplazamiento y de curvatura de componentes estructurales [Evaluar] **V:** Evaluar los niveles de desempeño estructural y no estructural frente a los criterios de aceptación [Evaluar] **VI:** Aplicar métodos basados en desplazamientos para evaluar el desempeño sísmico de estructuras existentes [Usar]

Bibliografía: [Priestley et al., 2007]

5.5 Rehabilitación, Refuerzo y Retrofitting Estructural, 50 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Evaluación de condiciones y procedimientos de evaluación estructural **II:** Calificación de carga y evaluación de capacidad de estructuras existentes **III:** Materiales y técnicas de reparación de concreto **IV:** Técnicas de refuerzo usando armadura externa **V:** Sistemas de refuerzo con PRF para flexión y cortante **VI:** Estrategias de retrofitting sísmico para edificios y puentes **VII:** Enchapes de acero y postensado externo **VIII:** Rehabilitación de mampostería y preservación de estructuras históricas **IX:** Evaluación y diseño de retrofitting basado en desempeño **X:** Evaluación no destructiva y monitoreo de salud estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar evaluaciones integrales de la condición de estructuras existentes [Evaluar] **II:** Evaluar la capacidad portante de elementos estructurales existentes [Usar] **III:** Seleccionar materiales apropiados de reparación de concreto y métodos de aplicación [Familiarizarse] **IV:** Diseñar intervenciones de refuerzo usando técnicas convencionales [Evaluar] **V:** Aplicar sistemas de PRF para el refuerzo a flexión y cortante de elementos de concreto [Usar] **VI:** Desarrollar estrategias de retrofitting sísmico para estructuras deficientes [Evaluar] **VII:** Implementar sistemas de enchapes de acero y postensado externo [Usar] **VIII:** Rehabilitar estructuras de mampostería preservando su carácter histórico [Evaluar] **IX:** Realizar evaluaciones basadas en desempeño y diseñar intervenciones de retrofitting [Usar] **X:** Utilizar tecnologías de ensayos no destructivos y monitoreo para evaluación de daños [Familiarizarse]

Bibliografía: [Institute, 2021, of Civil Engineers, 2017, Agency, 2000, Institute, 2017]

6. Bibliografía

[Agency, 2000] Agency, F. E. M. (2000). Fema 356: Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Technical report, Federal Emergency Management Agency.

[Institute, 2017] Institute, A. C. (2017). Aci 440.2r-17: Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structures. Technical report, American Concrete Institute.

[Institute, 2021] Institute, A. C. (2021). Aci 562: Code requirements for assessment, repair, and rehabilitation of existing concrete structures. Technical report, American Concrete Institute.

[of Civil Engineers, 2017] of Civil Engineers, A. S. (2017). Asce/sei 41-17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. Technical report, American Society of Civil Engineers.

[of Civil Engineers, 2021] of Civil Engineers, A. S. (2021). 2021 infrastructure report card. Technical report, American Society of Civil Engineers.

[of Civil Engineers, 2022] of Civil Engineers, A. S. (2022). Asce/sei 7-22: Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. Technical report, American Society of Civil Engineers.

[Priestley et al., 2007] Priestley, M. J. N., Calvi, G. M., and Kowalsky, M. J. (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press.

[Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, 2018] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma técnica e.030: Diseño sismorresistente. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S9 Concreto Presforzado (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 9no Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)

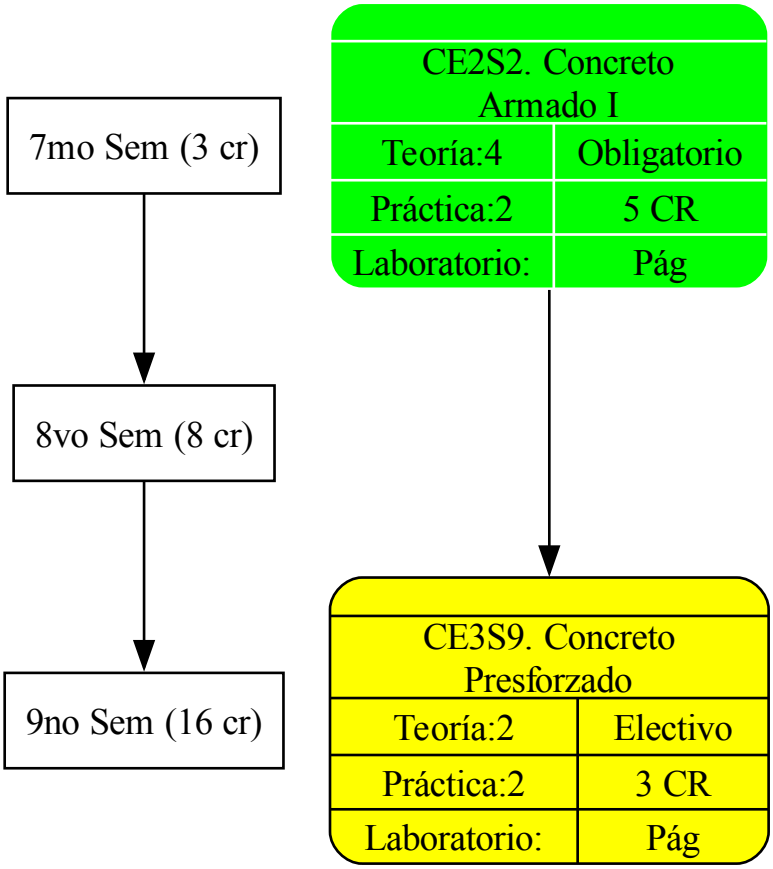


Figura 7.78: Mapa de Conexión. CE3S9 Concreto Presforzado

2. Fundamentación

El Concreto Presforzado introduce los principios fundamentales, el análisis elástico y la metodología de diseño para miembros de concreto presforzado y postensado según el código de construcción ACI 318, basándose directamente en la base de diseño por estados límite establecida en el Diseño de Concreto Armado I. Los estudiantes aprenden a analizar esfuerzos elásticos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio, evaluar la construcción compuesta que combina elementos prefabricados y concreto colocado en sitio, y calcular las pérdidas de presfuerzo inmediatas y diferidas. El

curso desarrolla el diseño de elementos pretensados y postensados para resistencia a flexión, cortante y torsión en el estado límite último, el diseño de losas postensadas incluyendo el trazado de tendones, el análisis de estructuras de concreto presforzado estáticamente indeterminadas, y la verificación de requisitos de deflexión y serviciabilidad, preparando a los estudiantes para la práctica avanzada de diseño estructural que involucra elementos de concreto presforzado.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar la teoría elástica para analizar esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio.
- Diseñar secciones compuestas de concreto presforzado que combinen elementos prefabricados y concreto colocado en sitio.
- Calcular las pérdidas de presfuerzo inmediatas y diferidas.
- Diseñar miembros de concreto presforzado para resistencia a flexión en el estado límite último.
- Diseñar miembros de concreto presforzado para resistencia a cortante y torsión.
- Diseñar losas y vigas postensadas, incluyendo el trazado de tendones.
- Analizar estructuras de concreto presforzado estáticamente indeterminadas, incluyendo momentos secundarios, y controlar las deflexiones.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Detalles Sísmicos de Concreto Armado, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Uniones viga-columna y conexiones en pórticos resistentes a momento **II:** Detalles sísmicos y diseño dúctil de estructuras de concreto **III:** Diseño de muros estructurales especiales de concreto armado (placas) para resistencia sísmica lateral **IV:** Disposiciones especiales de detallado sísmico para pórticos de concreto armado resistentes a momento

Objetivos de Aprendizaje **I:** Detallar uniones viga-columna para transferencia de momento y resistencia a cortante [Evaluar] **II:** Implementar requisitos de detalles sísmicos para pórticos dúctiles de concreto [Evaluar] **III:** Diseñar muros estructurales especiales de concreto armado para solicitaciones combinadas de carga axial, flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar] **IV:** Aplicar disposiciones especiales de detallado sísmico a elementos de pórticos de concreto armado y nudos viga-columna [Usar]

Bibliografía: [Nawy, 2010, Nilson, 1987, ACI Committee 318, 2019, Lin and Burns, 1981]

5.2 Análisis de Concreto Presforzado, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Principios del concreto pretensado y métodos de pretensado previo **II:** Análisis elástico de esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio **III:** Secciones compuestas de concreto presforzado: elementos prefabricados con losa vaciada in situ **IV:** Pérdidas de presfuerzo instantáneas y diferidas en el tiempo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar principios de pretensado para diseñar elementos pretensados [Usar] **II:** Analizar los esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio mediante teoría elástica [Usar] **III:** Diseñar secciones compuestas de concreto presforzado

que combinan elementos prefabricados y concreto vaciado in situ [Evaluar] **IV:** Calcular las pérdidas instantáneas y diferidas de presfuerzo [Usar]

Bibliografía: [Nawy, 2010, Nilson, 1987, ACI Committee 318, 2019, Lin and Burns, 1981]

5.3 Diseño de Concreto Presforzado, 20 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Sistemas de concreto postensado y diseño de tendones **II:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad **III:** Resistencia a flexión de elementos de concreto presforzado en estado límite último **IV:** Diseño a corte y torsión de elementos de concreto presforzado **V:** Estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar losas y vigas postensadas, incluyendo el trazado de tendones [Evaluar] **II:** Controlar deflexiones mediante dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar] **III:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a flexión en estado límite último [Evaluar] **IV:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a corte y torsión [Evaluar] **V:** Analizar estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios [Evaluar]

Bibliografía: [Nawy, 2010, Nilson, 1987, ACI Committee 318, 2019, Lin and Burns, 1981]

6. Bibliografía

[ACI Committee 318, 2019] ACI Committee 318 (2019). Building code requirements for structural concrete (aci 318-19) and commentary. Technical report, American Concrete Institute.

[Lin and Burns, 1981] Lin, T. Y. and Burns, N. H. (1981). *Design of Prestressed Concrete Structures*. John Wiley & Sons, 3rd edition.

[Nawy, 2010] Nawy, E. G. (2010). *Prestressed Concrete: A Fundamental Approach*. Pearson, 5th edition.

[Nilson, 1987] Nilson, A. H. (1987). *Design of Prestressed Concrete*. John Wiley & Sons, 2nd edition.

Décimo Semestre

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H1 Mecánica de Fluidos II (6to Sem-Pág 423)

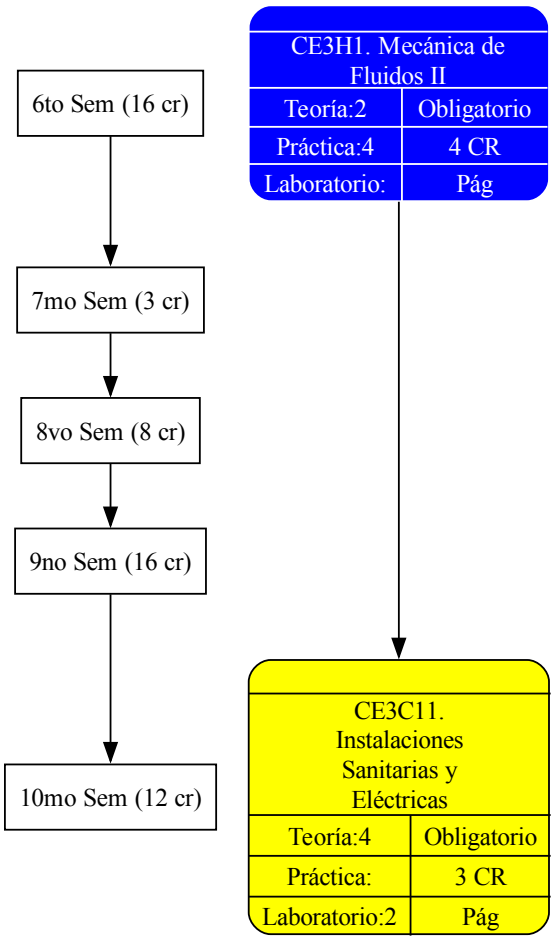


Figura 7.79: Mapa de Conexión. CE3C11 Instalaciones Sanitarias y Eléctricas

2. Fundamentación

Instalaciones Sanitarias y Eléctricas cubre el diseño de las instalaciones sanitarias (suministro de agua y evacuación de aguas residuales y pluviales) y eléctricas (potencia instalada, máxima demanda, iluminación y puesta a tierra) al interior de una edificación.

3. Objetivos del curso.

- Diseñar el sistema de suministro de agua y de evacuación de aguas residuales y pluviales de una edificación.
- Determinar la potencia instalada y la máxima demanda de una instalación eléctrica domiciliaria aplicando la normativa vigente.
- Aplicar conceptos complementarios de iluminación, puesta a tierra y tarifas eléctricas al diseño de instalaciones eléctricas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Sistema de Agua en Instalaciones Sanitarias de Edificación, 17 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Importancia y alcance de las instalaciones sanitarias en la edificación **II:** Diseño del sistema de agua fría: dotación, presiones y diámetros de tubería **III:** Diseño del sistema de agua caliente y otros usos del agua en la edificación **IV:** Cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo de agua

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la importancia y el alcance de las instalaciones sanitarias en una edificación [Familiarizarse] **II:** Diseñar el sistema de agua fría y caliente de una edificación determinando dotación, presiones y diámetros de tubería [Usar] **III:** Dimensionar cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo de agua para una edificación [Evaluar]

Bibliografía: [de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006]

5.2 Sistema de Evacuación de Aguas en Instalaciones Sanitarias de Edificación, 13 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales **II:** Diseño del sistema de evacuación de aguas pluviales de la edificación **III:** Sistemas de ventilación sanitaria y trampas para el control de olores

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar el sistema de evacuación de aguas residuales y pluviales de una edificación [Usar] **II:** Aplicar los criterios de ventilación sanitaria y control de olores en el diseño de un sistema de desagüe [Evaluar]

Bibliografía: [de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006]

5.3 Instalaciones Eléctricas de Edificación, 26 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Importancia y alcance de las instalaciones eléctricas en la edificación **II:** Determinación de la potencia instalada según normativa **III:** Cálculo de la máxima demanda y factores de demanda **IV:** Diseño de circuitos derivados y alimentadores **V:** Conceptos básicos de iluminación en edificaciones **VI:** Sistemas de puesta a tierra **VII:** Tarifas eléctricas y facturación del servicio

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la importancia de las instalaciones eléctricas en una edificación [Familiarizarse] **II:** Determinar la potencia instalada de una edificación según la normativa vigente [Usar] **III:** Calcular la máxima demanda de una edificación aplicando los factores de demanda correspondientes [Evaluar] **IV:** Diseñar los circuitos derivados y alimentadores de una instalación eléctrica domiciliaria [Usar] **V:** Aplicar conceptos de iluminación y puesta a tierra al diseño de una instalación eléctrica [Evaluar]

Bibliografía: [de Energía y Minas del Perú, 2011]

6. Bibliografía

[de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006] de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), S. N. (2006). Norma is.010: Instalaciones sanitarias para edificaciones. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[de Energía y Minas del Perú, 2011] de Energía y Minas del Perú, M. (2011). Código nacional de electricidad – utilización. Technical report, Ministerio de Energía y Minas.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3C2 Tecnología de la Construcción II (9no Sem-Pág 529)

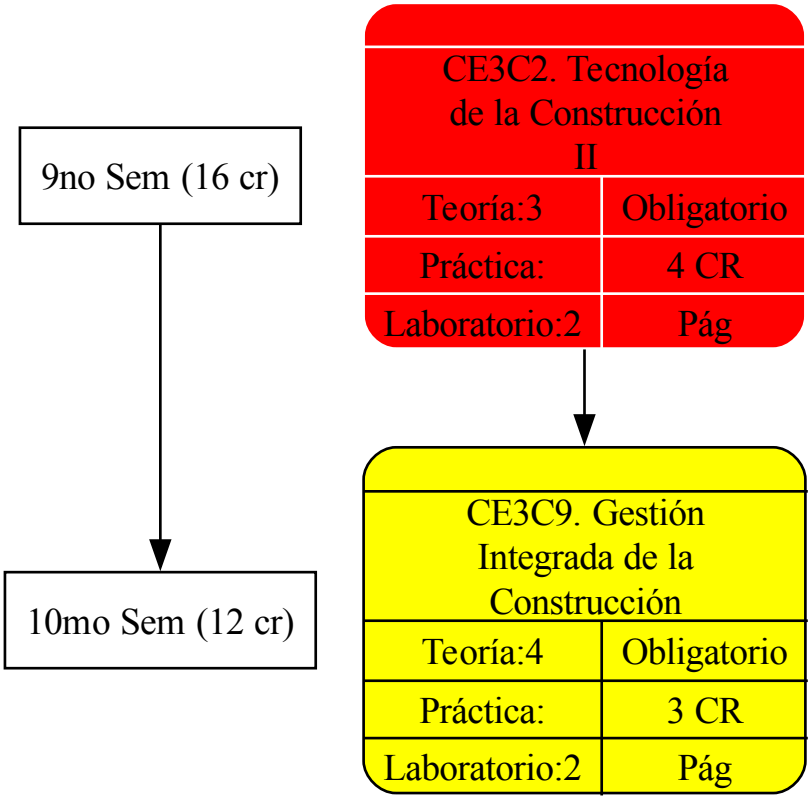


Figura 7.80: Mapa de Conexión. CE3C9 Gestión Integrada de la Construcción

2. Fundamentación

Gestión Integrada de la Construcción cubre los sistemas de gestión de calidad (ISO 9001), gestión ambiental (ISO 14001) y seguridad y salud ocupacional (ISO 45001) en obra, así como su integración y auditoría conjunta. El curso incluye la gestión ambiental de obra, la sostenibilidad y mitigación de impactos, la seguridad y salud ocupacional según la normativa peruana, y cierra con la optimización y el cierre de proyectos.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar los fundamentos de la gestión de calidad (ISO 9001) al control de procesos y materiales en obra.

- Gestionar los impactos ambientales de una obra de construcción y aplicar medidas de sostenibilidad y mitigación.
- Aplicar la normativa peruana de seguridad y salud ocupacional (G.050) y los protocolos de prevención y respuesta de emergencias.
- Integrar los sistemas de gestión de calidad, ambiental y de seguridad y salud ocupacional, y optimizar el cierre de un proyecto.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Gestión de Calidad, 28 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Gestión de Calidad Total: los 14 puntos de Deming, la mejora continua (kaizen) y la cultura de calidad **II:** Metodología Six Sigma (DMAIC): capacidad del proceso, gráficos de control y defectos por millón de oportunidades **III:** Normas y certificación de calidad: marco ISO 9001 y categorías del costo de la calidad (prevención, evaluación, fallas) **IV:** Despliegue de la función de calidad (QFD) y voz del cliente: matriz de la Casa de la Calidad, traducción de requisitos del cliente y priorización del diseño

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de la GCT y las herramientas clave utilizadas en el ciclo de mejora DMAIC [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos básicos de control estadístico de procesos para monitorear la calidad del proceso [Usar] **III:** Evaluar el desempeño de calidad de un proceso y recomendar prioridades de mejora usando el análisis del costo de la calidad [Evaluar]

Bibliografía: [for Standardization, 2015b, Institute, 2021]

5.2 Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad, 12 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Estructura de alto nivel común (Anexo SL) compartida por ISO 9001, 14001 y 45001: cláusulas alineadas de contexto, liderazgo, planificación, soporte, operación, evaluación del desempeño y mejora **II:** Política y objetivos de gestión integrada que abarcan metas de calidad, ambientales y de SST; un manual de gestión integrado único e información documentada compartida **III:** Programas de auditoría interna y externa integrados que cubren múltiples normas en un solo ciclo de auditoría: listas de verificación combinadas, hallazgos conjuntos y seguimiento de no conformidades **IV:** Sinergias entre los tres sistemas (pensamiento basado en riesgos compartido, ciclo PDCA, información documentada) frente a posibles conflictos (prioridades en competencia, asignación de recursos), y enfoques para resolverlos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la estructura de alto nivel común compartida por ISO 9001, 14001 y 45001, y cómo habilita la integración de sistemas de gestión [Familiarizarse] **II:** Diseñar una lista de verificación de auditoría integrada que cubra los requisitos de calidad, ambientales y de seguridad y salud ocupacional para una obra de construcción [Usar] **III:** Evaluar la eficacia de un sistema de gestión integrado en un proyecto de construcción, identificando sinergias y conflictos no resueltos entre sus sistemas componentes [Evaluar]

Bibliografía: [for Standardization, 2015b, for Standardization, 2015a, for Standardization, 2018]

5.3 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

5.4 Ingeniería de Calidad del Aire y Control de la Contaminación, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Estructura, composición y meteorología básica de la atmósfera **II:** Tipos, fuentes y efectos en la salud/medio ambiente de los contaminantes **III:** Técnicas de monitoreo y estándares de calidad del aire ambiental **IV:** Fundamentos de modelación de dispersión y modelo Gaussiano de penacho **V:** Tecnologías de control de material particulado: ciclones, mangas y precipitadores electrostáticos **VI:** Control de contaminantes gaseosos: absorción, adsorción y sistemas catalíticos **VII:** Emisiones de fuentes móviles y estrategias de control **VIII:** Calidad del aire interior y ventilación **IX:** Cambio climático e ingeniería de mitigación de gases de efecto invernadero

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las principales clases de contaminantes del aire, sus fuentes e impactos [Familiarizarse] **II:** Aplicar el modelo Gaussiano de penacho para estimar concentraciones a nivel del suelo desde una fuente puntual [Usar] **III:** Seleccionar dispositivos de control de partículas apropiados basándose en la distribución de tamaño y los requisitos de eficiencia [Evaluar] **IV:** Interpretar datos de monitoreo de la calidad del aire ambiental relativos a estándares regulatorios [Familiarizarse] **V:** Diseñar una torre de absorción básica para remover un contaminante gaseoso de una corriente de gas de combustión [Evaluar] **VI:** Explicar los

enfoques de ingeniería para controlar emisiones de fuentes móviles [Familiarizarse] **VII:** Evaluar parámetros de calidad del aire interior y proponer medidas de mitigación para un edificio [Evaluar] **VIII:** Proponer estrategias de ingeniería para reducir emisiones de gases de efecto invernadero de una instalación industrial [Usar]

Bibliografía: [Davis and Cornwell, 2010]

5.5 Seguridad, Salud y Gestión de Riesgos en la Construcción, 24 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Sistemas de gestión de seguridad y el rol de la cultura de seguridad **II:** Peligros comunes en construcción: caídas, golpes, electrocución, atrapamiento/aprisionamiento **III:** Regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y cumplimiento **IV:** Técnicas de identificación y evaluación de riesgos (ej. AST, listas de verificación) **V:** Jerarquía de controles: eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos, EPP **VI:** Salud ocupacional: sílice, ruido, ergonomía e higiene industrial **VII:** Planificación de respuesta a emergencias e investigación de incidentes **VIII:** Principios de seguros y fianzas para transferencia de riesgos en construcción **IX:** Indicadores líderes de seguridad proactivos y análisis predictivo

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar los "Cuatro Fatales" peligros de construcción y los requisitos básicos de OSHA para cada uno [Familiarizarse] **II:** Realizar un Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) para una tarea común de construcción [Evaluar] **III:** Desarrollar un plan de seguridad específico del sitio para un escenario de proyecto dado [Usar] **IV:** Aplicar la jerarquía de controles para mitigar un riesgo de seguridad identificado [Familiarizarse] **V:** Evaluar exposiciones de salud ocupacional (ej. ruido, polvo) y recomendar estrategias de monitoreo [Evaluar] **VI:** Crear un plan de respuesta a emergencias para un sitio de construcción [Usar] **VII:** Explicar el propósito y tipos de seguros (ej. Responsabilidad Civil General, compensación laboral) en la gestión de riesgos de construcción [Familiarizarse] **VIII:** Proponer indicadores líderes de seguridad para rastrear y predecir el desempeño de seguridad del sitio [Evaluar]

Bibliografía: [Hinze, 2005, de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, 2010]

5.6 Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD), 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Principios del pensamiento lean: valor, flujo de valor, flujo, pull, perfección **II:** Identificación y eliminación de los ocho desperdicios en la construcción **III:** Sistema del Último Planificador (LPS) para planificación y control de la producción **IV:** Herramientas de gestión visual: 5S, Kanban y Andon **V:** Principios de la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) y acuerdos multipartes **VI:** Entrega de Valor Objetivo (TVD) y Diseño Basado en Conjuntos **VII:** Tecnologías de colaboración y co-localización en "Big Room" **VIII:** Medición del desempeño: Porcentaje de Plan Completado (PPC), Takt time **IX:** Cambio cultural y estrategias de implementación para la transformación lean

Objetivos de Aprendizaje I: Definir los siete (u ocho) tipos de desperdicio (Muda) en un contexto de construcción [Familiarizarse] **II:** Aplicar el Sistema del Último Planificador para desarrollar un plan semanal de trabajo confiable [Usar] **III:** Identificar oportunidades para aplicar gestión visual (5S) en un sitio de construcción [Evaluar] **IV:** Explicar cómo la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) alinea objetivos y comparte riesgos entre las partes interesadas del proyecto [Familiarizarse] **V:** Usar los principios de la Entrega de Valor Objetivo para guiar decisiones de diseño dentro de un objetivo de costo [Evaluar] **VI:** Facilitar una sesión de planificación colaborativa pull con múltiples oficios [Usar] **VII:** Calcular e interpretar el Porcentaje de Plan Completado (PPC) como una métrica de desempeño lean [Evaluar] **VIII:** Desarrollar un plan básico de implementación para introducir prácticas lean a un equipo de proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Ballard, 2000]

5.7 Indicadores Clave de Rendimiento, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Selección de KPI: relevancia para los objetivos del proyecto, mensurabilidad y capacidad de acción **II:** Conjuntos de métricas equilibrados: indicadores adelantados y rezagados, métricas de resultado y de producción **III:** Establecer umbrales y niveles de alerta de KPI para activar acciones correctivas **IV:** Reviewing and adapting the KPI set as the project evolves and stakeholder priorities shift

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir un conjunto equilibrado de KPI para monitorear un proyecto en múltiples dimensiones de rendimiento [Usar] **II:** Evaluar un conjunto dado de KPI en términos de equilibrio, relevancia y potencial de disfunción de métricas [Evaluar] **III:** Design a KPI review cycle that keeps performance metrics aligned with evolving project objectives [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.8 Actividades de Inicio y Cierre, 6 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Inicio del proyecto: alinear al equipo y los interesados en objetivos, enfoque y acuerdos de trabajo **II:** Actividades de transición entre fases: revisiones, aprobaciones y entregas entre fases **III:** Cierre del proyecto: aceptación final de entregables, lecciones aprendidas y liberación del equipo **IV:** Integrar las lecciones aprendidas del cierre en los activos de conocimiento organizacional

Objetivos de Aprendizaje **I:** Llevar a cabo un inicio de proyecto efectivo que alinee al equipo y a los interesados en objetivos y enfoque [Usar] **II:** Ejecutar las actividades de cierre del proyecto incluyendo la aceptación final y el archivo de lecciones aprendidas [Usar] **III:** Design a comprehensive project closure checklist ensuring all administrative, contractual, and knowledge capture obligations are met [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

6. Bibliografía

[Ballard, 2000] Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. *PhD Thesis, University of Birmingham*.

[Davis and Cornwell, 2010] Davis, M. L. and Cornwell, D. A. (2010). *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw-Hill, 5th edition.

[de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, 2010] de Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, M. (2010). Norma g.050: Seguridad durante la construcción. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[for Standardization, 2015a] for Standardization, I. O. (2015a). Iso 14001: Environmental management systems – requirements with guidance for use. Technical report, ISO.

[for Standardization, 2015b] for Standardization, I. O. (2015b). Iso 9001: Quality management systems – requirements. Technical report, ISO.

[for Standardization, 2018] for Standardization, I. O. (2018). Iso 45001: Occupational health and safety management systems – requirements with guidance for use. Technical report, ISO.

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

[Hinze, 2005] Hinze, J. W. (2005). *Construction Safety*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Project Management Institute, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3G7 Taller de Competencias Profesionales (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3G2 Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (8vo Sem-Pág 478)

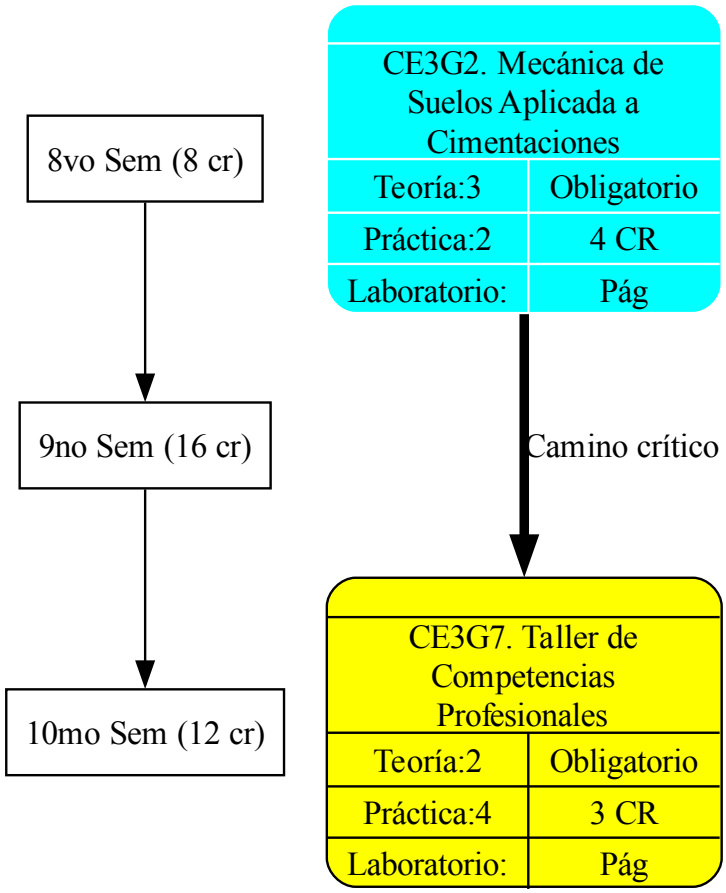


Figura 7.81: Mapa de Conexión. CE3G7 Taller de Competencias Profesionales

2. Fundamentación

Taller de Competencias Profesionales es el curso de cierre/síntesis de la línea de especialización en Ingeniería Geotécnica. Integra, alrededor de escenarios de proyectos reales, el marco de resistencia al corte y distribución de esfuerzos y las técnicas de investigación de sitio y ensayos in situ desarrolladas anteriormente en la línea, con los cuatro dominios principales de diseño del ejercicio geotécnico: estabilidad de taludes y mitigación de deslizamientos, ingeniería geotécnica sísmica y licuefacción, diseño de cimentaciones superficiales y profundas, sistemas de retención de tierra, mejoramiento del terreno

e ingeniería con geosintéticos, y el diseño geotécnico de presas de tierra y enrocado -incluyendo la selección de la tipología de presa y la caracterización geotécnica de los materiales de fundación y cantera que sustenta ese diseño. En lugar de introducir contenido nuevo, el taller revisita y aplica, a un nivel profesional de integración, las unidades de conocimiento desarrolladas a lo largo de los cursos previos de la especialización.

3. Objetivos del curso.

- Planificar e interpretar programas de investigación geotécnica de sitio y aplicar principios de resistencia al corte y distribución de esfuerzos para caracterizar sitios de proyecto.
- Analizar la estabilidad de taludes y diseñar medidas de mitigación de deslizamientos y estabilización.
- Evaluar amenazas sísmicas y el potencial de licuefacción, y diseñar medidas de mitigación para problemas de ingeniería geotécnica sísmica.
- Diseñar cimentaciones superficiales y profundas y sistemas de retención de tierra para estructuras representativas.
- Seleccionar y diseñar soluciones de mejoramiento del terreno y geosintéticos para condiciones de terreno problemáticas.
- Seleccionar una tipología de presa de materiales sueltos y aplicar métodos de caracterización geotécnica y diseño para dimensionar una presa de tierra o enrocado.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Investigación de Sitio y Ensayos In Situ, 9 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Planificación de la investigación y determinación del alcance **II:** Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo **III:** Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas **IV:** Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones **V:** Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos **VI:** Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono **VII:** Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro **VIII:** Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad **IX:** Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros **X:** Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos **XI:** Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación **XII:** Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] **II:** Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] **III:** Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] **IV:** Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] **V:** Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] **VI:** Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] **VII:** Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] **VIII:** Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] **IX:** Monitorear

condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] **X:** Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] **XI:** Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar] **XII:** Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.2 Resistencia al Corte y Consolidación, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Resistencia al corte de suelos y criterio de falla de Mohr-Coulomb **II:** Métodos de ensayo de corte directo y triaxial **III:** Comportamiento a resistencia al corte drenada y no drenada **IV:** Teoría de la consolidación y análisis de asentamientos **V:** Velocidad temporal de consolidación y grado de consolidación **VI:** Distribución de esfuerzos en masas de suelo usando teoría elástica **VII:** Conceptos de mecánica de suelos en estado crítico **VIII:** Resistencia al corte residual y sensibilidad de arcillas **IX:** Compresión secundaria y comportamiento por fluencia lenta **X:** Anisotropía y efectos de la trayectoria de esfuerzos en el comportamiento del suelo

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar el criterio de Mohr-Coulomb para determinar parámetros de resistencia al corte [Familiarizarse] **II:** Interpretar resultados de ensayos de corte directo y triaxial [Evaluar] **III:** Distinguir entre condiciones de carga drenadas y no drenadas [Usar] **IV:** Calcular asentamientos por consolidación usando teoría unidimensional [Evaluar] **V:** Predecir la velocidad temporal de asentamiento para suelos en consolidación [Usar] **VI:** Calcular la distribución de esfuerzos bajo áreas cargadas usando la teoría de Boussinesq [Evaluar] **VII:** Explicar los conceptos de estado crítico y su aplicación al comportamiento del suelo [Familiarizarse] **VIII:** Evaluar la resistencia residual y la sensibilidad para problemas de estabilidad de taludes [Evaluar] **IX:** Estimar la compresión secundaria para suelos altamente plásticos [Usar] **X:** Analizar los efectos de las trayectorias de esfuerzos y la anisotropía en la respuesta del suelo [Familiarizarse]

Bibliografía: [Das, 2019]

5.3 Análisis y Estabilización de Taludes, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Análisis de taludes infinitos para geometrías simples **II:** Método de las dovelas y análisis de equilibrio límite **III:** Superficies de falla circulares y no circulares **IV:** Determinación del factor de seguridad y criterios de aceptación **V:** Cartas de estabilidad y métodos simplificados **VI:** Tipos de deslizamientos y mecanismos de falla **VII:** Estabilidad sísmica de taludes y análisis pseudo-estático **VIII:** Métodos de estabilización, incluyendo drenaje y refuerzo **IX:** Sistemas de monitoreo y alerta temprana para taludes inestables **X:** Análisis probabilístico de estabilidad de taludes

Objetivos de Aprendizaje I: Realizar análisis de estabilidad de taludes infinitos para taludes uniformes [Evaluar] **II:** Aplicar el método de las dovelas para analizar la estabilidad de taludes [Usar] **III:** Analizar taludes con superficies de falla circulares y no circulares [Evaluar] **IV:** Calcular factores de seguridad e interpretar los resultados [Usar] **V:** Usar cartas de estabilidad para evaluación rápida de taludes [Evaluar] **VI:** Identificar tipos de deslizamientos y sus características distintivas [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la estabilidad sísmica usando métodos pseudo-estáticos [Usar] **VIII:** Diseñar medidas de estabilización de taludes para modos de falla específicos [Evaluar] **IX:** Implementar sistemas de monitoreo para taludes potencialmente inestables [Usar] **X:** Conducir análisis probabilístico de estabilidad considerando la incertidumbre de los parámetros [Evaluar]

Bibliografía: [Duncan et al., 2014]

5.4 Ingeniería Geotécnica Sísmica, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Sistemas dinámicos de un grado de libertad y propagación unidimensional de ondas en depósitos de suelo **II:** Respuesta del sitio y amplificación del movimiento del terreno **III:** Análisis de amenaza sísmica y movimientos del terreno de diseño **IV:** Susceptibilidad a la licuefacción y mecanismos desencadenantes **V:** Relación de esfuerzos cíclicos y procedimientos de evaluación de licuefacción **VI:** Efectos de la licuefacción en estructuras e infraestructura **VII:** Propiedades dinámicas del suelo y ensayos de laboratorio **VIII:** Diseño de cimentaciones para maquinaria vibratoria bajo cargas dinámicas **IX:** Métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción **X:** Desplazamiento lateral y fallas por flujo **XI:** Asentamiento inducido sísmicamente y capacidad portante **XII:** Diseño basado en desempeño para ingeniería geotécnica sísmica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Formular modelos de un grado de libertad y ecuaciones de propagación unidimensional de ondas para caracterizar la transmisión de ondas sísmicas a través de depósitos de suelo [Usar] **II:** Explicar efectos de respuesta del sitio y características del movimiento del terreno [Familiarizarse] **III:** Determinar movimientos del terreno de diseño para análisis sísmico geotécnico [Evaluar] **IV:** Evaluar susceptibilidad a la licuefacción usando datos de investigación de campo [Usar] **V:** Calcular relaciones de esfuerzos cíclicos y evaluar el potencial de licuefacción [Evaluar] **VI:** Evaluar las consecuencias de la licuefacción en cimentaciones y estructuras [Familiarizarse] **VII:** Caracterizar propiedades dinámicas del suelo a partir de ensayos de laboratorio y campo [Usar] **VIII:** Dimensionar cimentaciones de maquinaria considerando la rigidez dinámica suelo-cimentación, la evitación de resonancia y las amplitudes de vibración permisibles [Evaluar] **IX:** Seleccionar y diseñar métodos de mejoramiento del terreno para mitigar la licuefacción [Evaluar] **X:** Predecir desplazamientos por desplazamiento lateral y potencial de falla por flujo [Usar] **XI:** Analizar asentamientos inducidos sísmicamente y capacidad portante reducida [Evaluar] **XII:** Implementar enfoques basados en desempeño para diseño geotécnico sísmico [Evaluar]

Bibliografía: [Kramer, 1996, Das, 2019]

5.5 Capacidad Portante y Diseño, 9 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.6 Técnicas de Mejoramiento de Suelos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Métodos de compactación, incluyendo técnicas dinámicas y vibratorias **II:** Columnas de grava y métodos de vibro-sustitución **III:** Precarga y drenes verticales para tratamiento de suelos blandos **IV:** Técnicas de mezcla profunda e inyección a alta presión (jet grouting) **V:** Estabilización química y métodos de inyección

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar métodos apropiados de mejoramiento de suelos para condiciones específicas [Familiarizarse] **II:** Diseñar sistemas de columnas de grava para reducción de asentamientos [Evaluar] **III:** Calcular la reducción del tiempo de consolidación usando drenes verticales [Usar] **IV:** Identificar tipos de geosintéticos y sus aplicaciones ingenieriles [Familiarizarse] **V:** Dimensionar el refuerzo para estructuras de tierra mecánicamente estabilizada [Evaluar]

Bibliografía: [Koerner, 2012, Das, 2019]

5.7 Cimentaciones Profundas, 5 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de pilotes y métodos de instalación **II:** Capacidad axial de pilotes individuales en suelos cohesivos y granulares **III:** Capacidad a carga lateral y método p-y **IV:** Comportamiento de grupos de pilotes y eficiencia del grupo **V:** Diseño de pilotes perforados y consideraciones de construcción **VI:** Fricción negativa y fuerzas de arrastre hacia abajo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar tipos de pilotes apropiados basándose en condiciones del suelo y cargas [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad axial de pilotes usando métodos estáticos [Evaluar] **III:** Analizar pilotes cargados lateralmente usando curvas p-y [Usar] **IV:** Evaluar la capacidad y asentamiento de grupos de pilotes [Evaluar] **V:** Diseñar cimentaciones con pilotes perforados, incluyendo diámetro y refuerzo del fuste [Usar] **VI:** Interpretar resultados de ensayos de carga en pilotes y verificar supuestos de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.8 Sistemas de Retención de Tierra, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de presiones de tierra, incluyendo presiones activa y pasiva **II:** Tipos de muros de retención y criterios de selección **III:** Métodos de ensayo de carga, incluyendo pruebas estáticas y dinámicas **IV:** Muros anclados y sistemas con anclaje posterior **V:** Muros de tierra mecánicamente estabilizada y sistemas de suelo reforzado **VI:** Diseño de muros de sótano y de fundación considerando condiciones de restricción en la cabeza del muro **VII:** Diseño de muros de contención con contrafuertes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Aplicar teorías de presión lateral de tierra para el diseño de muros de retención [Evaluar] **II:** Diseñar muros de retención de gravedad y en voladizo [Usar] **III:** Diseñar sistemas de muros anclados, incluyendo capacidad de anclajes al terreno [Evaluar] **IV:** Dimensionar muros de tierra mecánicamente estabilizada y seleccionar refuerzo [Usar] **V:** Diseñar muros de sótano y de fundación considerando la restricción en la cabeza del muro, sobrecarga y presión hidrostática [Evaluar] **VI:** Diseñar muros de contención con contrafuertes, incluyendo pantalla, talón, puntera y contrafuertes [Usar]

Bibliografía: [Das, 2019, Coduto, 2001]

5.9 Presas de Tierra, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Definición, función y rol de las presas de tierra dentro de la infraestructura de recursos hídricos **II:** Tipología de presas de materiales sueltos: presas homogéneas y zonificadas de tierra/enrocado, y criterios de selección **III:** Zonificación de la presa: núcleo, espaldones, filtros, drenes y zonas de transición **IV:** Factores de selección de sitio y consideraciones de factibilidad del embalse/eje de presa

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la función de las presas de tierra y su rol dentro de la infraestructura de recursos hídricos [Familiarizarse] **II:** Clasificar las presas de materiales sueltos por tipo y seleccionar una tipología apropiada según las condiciones de sitio y materiales [Evaluar] **III:** Describir la zonificación de una presa de tierra y la función de cada zona (núcleo, espaldones, filtros, drenes) [Familiarizarse] **IV:** Evaluar los factores de selección de sitio que determinan el tipo y ubicación de la presa [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, U.S. Bureau of Reclamation, 1987]

5.10 Caracterización Geotécnica para Presas de Tierra, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Caracterización geotécnica de la fundación: condiciones de fundación en roca y suelo para presas de materiales sueltos **II:** Caracterización de materiales de cantera para las zonas de núcleo, espaldón y filtro **III:** Propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de relleno compactado **IV:** Caracterización de la permeabilidad de los materiales de fundación y del terraplén **V:** Identificación de suelos dispersivos y evaluación de la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Caracterizar las condiciones de suelo y roca de la fundación relevantes para el diseño de presas de materiales sueltos [Evaluar] **II:** Evaluar fuentes de material de cantera para su idoneidad como material de núcleo, espaldón o filtro [Usar] **III:** Determinar las propiedades de compactación y resistencia al corte de los materiales de terraplén compactado [Evaluar] **IV:** Evaluar el potencial de dispersividad y la erodabilidad de materiales candidatos para el núcleo [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, U.S. Bureau of Reclamation, 1987]

5.11 Diseño Geotécnico de Presas de Materiales Sueltos, 9 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis de filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo y métodos numéricos **II:** Medidas de control de filtraciones: diseño del núcleo, pantallas de impermeabilización y cortinas de inyecciones **III:** Criterios de diseño de filtros y drenes para prevenir la erosión interna y el sifonamiento (piping) **IV:** Análisis de estabilidad de taludes aguas arriba y aguas abajo de la presa bajo condiciones estáticas y de vaciado rápido **V:** Consideraciones de diseño sísmico y análisis de deformaciones para presas de materiales sueltos **VI:** Determinación del borde libre y tolerancia de asentamientos/contraflecha en el diseño del terraplén

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar las filtraciones a través del terraplén y la fundación mediante redes de flujo o modelos numéricos de filtración [Evaluar] **II:** Diseñar medidas de control de filtraciones incluyendo núcleos impermeables, pantallas y cortinas de inyecciones [Usar] **III:** Diseñar las zonas de filtro y dren según criterios de sifonamiento y erosión interna [Evaluar] **IV:** Evaluar la estabilidad de taludes de la presa bajo condiciones de filtración en régimen permanente, vaciado rápido y fin de construcción [Usar] **V:** Incorporar la carga sísmica y el análisis de deformaciones en el diseño de la presa de materiales sueltos [Evaluar] **VI:** Determinar el borde libre y las tolerancias de asentamiento para el diseño del terraplén [Usar]

Bibliografía: [Fell et al., 2015, Sherard et al., 1963, U.S. Army Corps of Engineers, 2003]

6. Bibliografía

[Coduto, 2001] Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[Duncan et al., 2014] Duncan, J. M., Wright, S. G., and Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. John Wiley & Sons, 2nd edition.

[Fell et al., 2015] Fell, R., MacGregor, P., Stapledon, D., Bell, G., and Foster, M. (2015). *Geotechnical Engineering of Dams*. CRC Press, 2nd edition.

[Koerner, 2012] Koerner, R. M. (2012). *Designing with Geosynthetics*. Xlibris Corporation, 6th edition.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Sherard et al., 1963] Sherard, J. L., Woodward, R. J., Gizienski, S. F., and Clevenger, W. A. (1963). *Earth and Earth-Rock Dams: Engineering Problems of Design and Construction*. John Wiley & Sons.

[U.S. Army Corps of Engineers, 2003] U.S. Army Corps of Engineers (2003). Engineering and design: Slope stability. Technical Report EM 1110-2-1902, U.S. Army Corps of Engineers.

[U.S. Bureau of Reclamation, 1987] U.S. Bureau of Reclamation (1987). Design of small dams. Technical report, U.S. Government Printing Office.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H5 Hidráulica Fluvial (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)

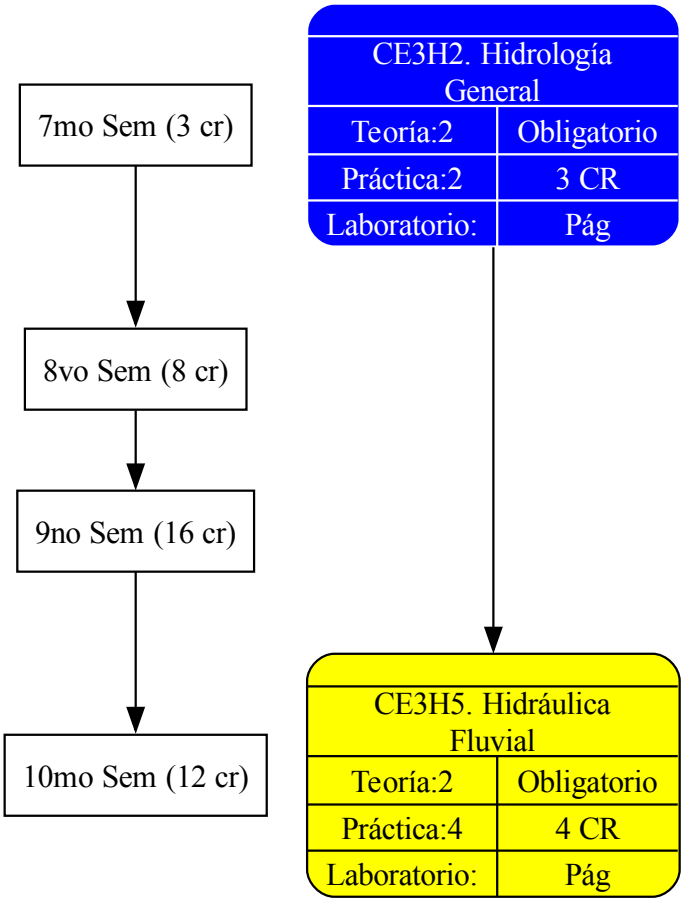


Figura 7.82: Mapa de Conexión. CE3H5 Hidráulica Fluvial

2. Fundamentación

Introducción a la Hidráulica Fluvial cubre el comportamiento de los cauces naturales bajo la acción del flujo y el transporte de sedimentos: desde la erosión de cuencas y las propiedades de los sedimentos, pasando por el cálculo del transporte de fondo, en suspensión y total, hasta el análisis de la socavación y la morfología fluvial mediante herramientas como la balanza de Lane. El curso culmina con el diseño de obras de estabilización de cauces y protección de riberas, la gestión de la sedimentación de embalses, y una introducción a la navegación fluvial.

3. Objetivos del curso.

- Analizar el transporte de sedimentos de fondo, en suspensión y total en canales aluviales.
- Calcular la socavación general y local, y analizar la morfología y estabilidad de cauces fluviales.
- Diseñar obras de estabilización de cauces y protección de riberas.
- Evaluar la sedimentación de embalses y los fundamentos de la navegación fluvial.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Introducción a la Hidráulica Fluvial, 2 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Alcance y objetivos del curso de Hidráulica Fluvial.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir el alcance de la ingeniería fluvial y su rol en la ingeniería de recursos hídricos [Familiarizarse].

Bibliografía: [Julien, 2010]

5.2 Transporte de Sedimentos en Canales Aluviales, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Erosión de cuencas y producción de sedimentos **II:** Propiedades físicas de los sedimentos: tamaño, forma, densidad y velocidad de caída **III:** Flujo en canales de arena y grava y formas de fondo asociadas **IV:** Resistencia al flujo en canales aluviales **V:** Condición de inicio del movimiento y diseño de canales erosionables **VI:** Fundamentos y técnicas de medición del transporte de sedimentos **VII:** Transporte de sedimentos de fondo **VIII:** Transporte de sedimentos en suspensión **IX:** Ingreso de sedimentos en bocatomas y estructuras de captación **X:** Fórmulas de transporte de sedimentos total

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar los procesos de erosión de cuencas y su relación con la producción de sedimentos [Familiarizarse] **II:** Clasificar sedimentos según sus propiedades físicas y estimar su velocidad de caída [Usar] **III:** Determinar la condición de inicio del movimiento en un canal aluvial dado [Evaluar] **IV:** Calcular la resistencia al flujo en un canal aluvial considerando las formas de fondo [Usar] **V:** Estimar las tasas de transporte de sedimentos de fondo y en suspensión usando fórmulas estándar [Evaluar] **VI:** Aplicar fórmulas de transporte total de sedimentos a un problema de diseño de canal aluvial [Usar] **VII:** Evaluar el ingreso de sedimentos a una bocatoma y proponer medidas de exclusión [Evaluar]

Bibliografía: [Julien, 2010, García, 2008]

5.3 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos **II:** Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos **III:** Flujo uniforme y ecuación de Manning **IV:** Flujo crítico y conceptos de energía específica **V:** Perfiles de flujo gradualmente variado **VI:** Salto hidráulico y flujo rápidamente variado **VII:** Diseño de cauces para conducción estable

VIII: Transporte de sedimentos en canales abiertos **IX:** Morfología fluvial y estabilidad de cauces **X:** Análisis de socavación y medidas de protección

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar] **III:** Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar] **IV:** Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar] **V:** Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar] **VI:** Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar] **VII:** Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar] **VIII:** Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar] **IX:** Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse] **X:** Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]

Bibliografía: [Chow, 1959]

5.4 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 2 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje I: Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [Novak et al., 2007]

5.5 Socavación y Morfología Fluvial, 26 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Fundamentos de la socavación y cambios de elevación de largo plazo del lecho **II:** Cálculo de la socavación general **III:** Socavación local por contracción, curvas y confluencias **IV:** Socavación local en pilares y estribos de puentes **V:** Ciclos y procesos de la morfología fluvial **VI:** Forma, geometría y estabilidad de canales aluviales **VII:** Balanza de Lane: respuesta cualitativa del cauce y modelamiento **VIII:** Interacción entre infraestructura vial y cauces naturales

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular la profundidad de socavación general en un tramo de cauce [Evaluar] **II:** Determinar la socavación local por contracción y en pilares y estribos de un puente [Usar] **III:** Analizar los cambios de elevación de largo plazo de un lecho fluvial [Evaluar] **IV:** Describir los ciclos y procesos que gobiernan la morfología de un cauce aluvial [Familiarizarse] **V:** Aplicar la balanza de Lane para predecir la respuesta cualitativa de un cauce ante cambios en sus variables [Usar] **VI:** Evaluar problemas de interacción entre infraestructura vial y cauces naturales [Evaluar]

Bibliografía: [García, 2008, Julien, 2010]

5.6 Ingeniería Fluvial, 24 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Estabilización de cauces: criterios y ejemplos de diseño **II:** Estructuras de control para la protección de riberas **III:** Diseño de enrocado (riprap), gaviones y filtros de protección **IV:** Consideraciones prácticas de diseño de obras de protección fluvial **V:** Sedimentación de embalses y volumen muerto **VI:** Eficiencia de retención y manejo de la sedimentación en embalses **VII:** Bases analíticas de la navegación fluvial **VIII:** Paradigmas de navegación fluvial y acondicionamiento portuario

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar una obra de estabilización de cauce para un tramo dado [Usar] **II:** Seleccionar y dimensionar estructuras de protección de riberas (enrocado, gaviones, filtros) [Evaluar] **III:** Aplicar consideraciones prácticas de diseño a un caso conceptual de protección fluvial [Usar] **IV:** Estimar el volumen muerto y la vida útil de un embalse por sedimentación [Evaluar] **V:** Evaluar la eficiencia de retención de sedimentos de un embalse y proponer medidas de manejo [Usar] **VI:** Explicar las bases analíticas de la navegación fluvial y su acondicionamiento portuario [Familiarizarse]

Bibliografía: [García, 2008]

6. Bibliografía

[Chow, 1959] Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

[García, 2008] García, M. H. (2008). *Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling, and Practice*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 110.

[Julien, 2010] Julien, P. Y. (2010). *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press, 2nd edition.

[Novak et al., 2007] Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., and Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. Taylor & Francis, 4th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H6 Irrigación e Hidroenergia (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H4 Recursos Hidráulicos (8vo Sem-Pág 483)

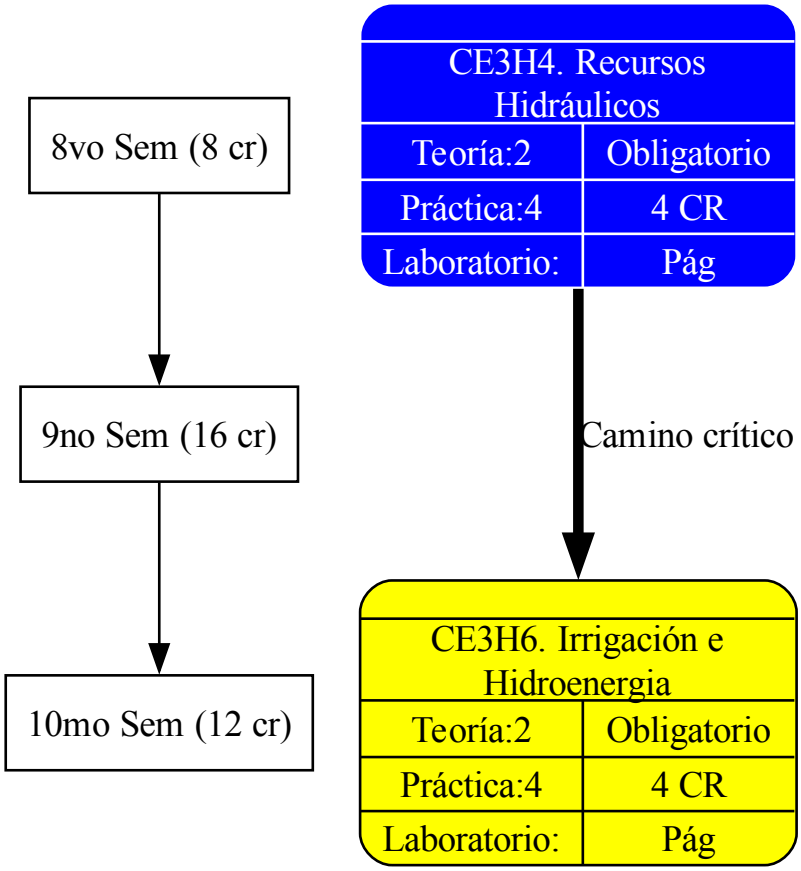


Figura 7.83: Mapa de Conexión. CE3H6 Irrigación e Hidroenergia

2. Fundamentación

Irrigación e Hidroenergía aborda el diseño integral de proyectos de riego y de esquemas de hidroenergía a pequeña escala: desde el contexto de la agricultura peruana y la relación suelo-agua-planta, la estimación de la evapotranspiración y la demanda agrícola, hasta el dimensionamiento hidráulico de presas y embalses, el diseño de obras de captación (bocatomas, desarenadores) y de conducción (canales), el diseño agronómico e hidráulico de sistemas de riego por gravedad y presurizado (incluyendo riego por goteo), y el drenaje agrícola. El curso cubre además los fundamentos de los esquemas

de hidroenergía a filo de agua, incluyendo el diseño de la tubería forzada y la selección de turbinas, y cierra con la evaluación de proyectos de riego e hidroenergía desde las perspectivas ambiental, social y económica.

3. Objetivos del curso.

- Estimar la demanda agrícola de agua a partir de la relación suelo-agua-planta y la evapotranspiración de cultivos.
- Dimensionar presas, embalses y obras de captación y conducción para un proyecto de riego.
- Diseñar sistemas de riego por gravedad y presurizado, incluyendo el diseño agronómico e hidráulico del riego por goteo.
- Diseñar un sistema de drenaje agrícola para controlar el encharcamiento y la salinidad del suelo.
- Diseñar la configuración de un esquema de hidroenergía a pequeña escala y seleccionar la turbina adecuada para condiciones dadas de caída y caudal.
- Evaluar proyectos de riego e hidroenergía considerando criterios ambientales, sociales y económicos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 La Agricultura en el Perú y Descripción de un Proyecto de Riego, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Contexto y estado situacional de la agricultura de riego en el Perú. **II:** Componentes y descripción general de un proyecto de irrigación.

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el contexto de la agricultura de riego en el Perú y sus principales desafíos [Familiarizarse]. **II:** Identificar los componentes principales de un proyecto de irrigación [Familiarizarse].

Bibliografía: [Chambouleyron, 2005]

5.2 Demanda Agrícola de Agua, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Relación suelo-agua-planta y disponibilidad de agua en el suelo **II:** Estimación de la evapotranspiración de referencia y de cultivo **III:** Requerimiento hídrico de cultivos y coeficientes de cultivo **IV:** Balance de oferta y demanda hídrica para un proyecto de riego **V:** Programación del riego y calendario de cultivos **VI:** Eficiencia de riego a nivel de parcela, conducción y sistema

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la relación suelo-agua-planta y su efecto en la disponibilidad de agua para el cultivo [Familiarizarse] **II:** Calcular la evapotranspiración de referencia y de cultivo usando métodos estándar [Usar] **III:** Estimar el requerimiento hídrico de un cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo [Evaluar] **IV:** Desarrollar el balance de oferta y demanda hídrica de un proyecto de riego [Usar] **V:** Diseñar un calendario de riego considerando la programación de cultivos [Evaluar] **VI:** Evaluar la eficiencia de riego de un sistema y proponer mejoras [Usar]

Bibliografía: [Allen et al., 1998, Chambouleyron, 2005]

5.3 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [Novak et al., 2007]

5.4 Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial, 9 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos **II:** Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos **III:** Flujo uniforme y ecuación de Manning **IV:** Flujo crítico y conceptos de energía específica **V:** Perfiles de flujo gradualmente variado **VI:** Salto hidráulico y flujo rápidamente variado **VII:** Diseño de cauces para conducción estable **VIII:** Transporte de sedimentos en canales abiertos **IX:** Morfología fluvial y estabilidad de cauces **X:** Análisis de socavación y medidas de protección

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar] **III:** Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar] **IV:** Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar] **V:** Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar] **VI:** Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar] **VII:** Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar] **VIII:** Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar] **IX:** Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse] **X:** Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]

Bibliografía: [Chow, 1959]

5.5 Diseño de Sistemas de Riego, 33 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de obras de captación para riego **II:** Diseño de bocatomas **III:** Diseño de desarenadores **IV:** Otras estructuras del sistema de conducción y distribución de riego **V:** Diseño de sistemas de riego por gravedad **VI:** Diseño de sistemas de riego tecnificado (presurizado) **VII:** Diseño agronómico del riego por goteo **VIII:** Diseño hidráulico del riego por goteo: laterales, líneas de distribución y emisores

Objetivos de Aprendizaje I: Seleccionar el tipo de obra de captación adecuado para las condiciones de un proyecto de riego [Usar] **II:** Diseñar una bocatoma y su desarenador asociado [Evaluar] **III:** Diseñar un sistema de riego por gravedad para una parcela dada [Usar] **IV:** Comparar alternativas de riego tecnificado frente al riego por gravedad [Evaluar] **V:** Realizar el diseño agronómico de un sistema de riego por goteo [Usar] **VI:** Diseñar hidráulicamente las líneas laterales y de distribución de un sistema de riego por goteo [Evaluar]

Bibliografía: [Chambouleyron, 2005, Karmeli and Keller, 1975]

5.6 Evaluación Económica, Financiera y Social de Proyectos de Recursos Hídricos, 9 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Indicadores económicos de evaluación: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo **II:** Selección de alternativas de proyecto mediante comparación de indicadores económicos **III:** Análisis de sensibilidad ante variaciones de costos, beneficios y tasa de descuento **IV:** Fuentes de financiamiento y estructuración financiera de proyectos hídricos **V:** Capacidad de pago de los usuarios y esquemas tarifarios **VI:** Repartición de costos entre beneficiarios en proyectos de propósito múltiple **VII:** Evaluación social de proyectos: teoría del intercambio y precios sociales **VIII:** Impactos distributivos y equidad en la evaluación social de proyectos

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el VAN, la TIR y la relación Beneficio-Costo de un proyecto de recursos hídricos [Usar] **II:** Seleccionar entre alternativas de proyecto con base en indicadores económicos comparados [Evaluar] **III:** Realizar un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de un proyecto ante cambios en sus variables clave [Usar] **IV:** Evaluar fuentes de financiamiento y esquemas tarifarios en función de la capacidad de pago de los usuarios [Evaluar] **V:** Repartir costos entre beneficiarios en un proyecto de propósito múltiple [Usar] **VI:** Aplicar principios de evaluación social para estimar el beneficio neto de un proyecto para la sociedad [Evaluar]

Bibliografía: [Blank and Tarquin, 2017]

5.7 Drenaje Agrícola y Subsuperficial, 9 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Encharcamiento y salinidad: causas y necesidad del drenaje agrícola **II:** Diseño de sistemas de drenaje subsuperficial (tuberías/drenes): espaciamiento y profundidad de drenes **III:** Diseño de sistemas de drenaje superficial y zanjas abiertas para campos bajo riego **IV:** Control de la salinidad mediante drenaje y el requerimiento de lavado **V:** Recolección, disposición y reúso del agua de drenaje

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las causas del encharcamiento y la salinidad del suelo en tierras bajo riego [Familiarizarse] **II:** Diseñar un sistema de drenaje subsuperficial, determinando el espaciamiento y la profundidad de los drenes [Usar] **III:** Dimensionar una red de drenaje superficial para un campo bajo riego [Evaluar] **IV:** Calcular el requerimiento de lavado necesario para controlar la salinidad del suelo [Usar] **V:** Proponer un esquema de recolección y disposición del agua de drenaje para un proyecto de riego [Evaluar]

Bibliografía: [Ritzema, 1994]

5.8 Ingeniería de Hidroenergía a Pequeña Escala, 15 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Estimación del potencial hidroenergético a partir de la caída y la curva de duración de caudales **II:** Configuración de un esquema de hidroenergía a filo de agua: captación, cámara de carga, tubería forzada, casa de máquinas y canal de descarga **III:** Diseño de la tubería forzada:

selección del diámetro, pérdidas de carga y consideraciones de golpe de ariete **IV:** Selección del tipo de turbina (Pelton, Francis, Kaplan, de flujo cruzado) según caída y caudal **V:** Conexión a la red, fundamentos del equipo electromecánico y esquemas de electrificación rural aislada

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el concepto de potencial hidroenergético y el uso de curvas de duración de caudales [Familiarizarse] **II:** Estimar el potencial hidroenergético de un tramo de río o de una caída en un canal de riego [Usar] **III:** Diseñar la configuración de un esquema de hidroenergía a filo de agua [Evaluar] **IV:** Seleccionar el tipo de turbina adecuado para condiciones dadas de caída y caudal [Usar] **V:** Diseñar una tubería forzada considerando pérdidas de carga y efectos de golpe de ariete [Evaluar]

Bibliografía: [Penche, 2010]

5.9 Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad, 3 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública **II:** Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos **III:** Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental **IV:** Marcos legales e institucionales para EIA **V:** Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) **VI:** Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) **VII:** Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas **VIII:** Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) **IX:** Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible **X:** Identificación de peligros ambientales y fuentes de riesgo asociadas a un proyecto de ingeniería civil **XI:** Metodología de evaluación de riesgos ambientales: matrices de probabilidad x consecuencia y priorización de riesgos **XII:** Elaboración de planes de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrados al proceso de EIA

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] **II:** Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] **III:** Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] **IV:** Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] **V:** Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] **VI:** Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] **VII:** Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] **VIII:** Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] **IX:** Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar] **X:** Identificar los peligros ambientales y las fuentes de riesgo de un proyecto de ingeniería civil [Familiarizarse] **XI:** Aplicar una matriz de riesgo (probabilidad x consecuencia) para priorizar los riesgos ambientales de un proyecto [Usar] **XII:** Formular un plan de gestión y contingencia de riesgos ambientales integrado al EIA de un proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Glasson and Therivel, 2019]

6. Bibliografía

[Allen et al., 1998] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Technical report, FAO Irrigation and Drainage Paper 56.

[Blank and Tarquin, 2017] Blank, L. and Tarquin, A. (2017). *Engineering Economy*. McGraw-Hill, 8th edition.

[Chambouleyron, 2005] Chambouleyron, J. (2005). *Riego y Drenaje: Técnicas para el Desarrollo de una Agricultura Regada en el Contexto de un Uso Multiple del Agua*. Universidad Nacional de Cuyo.

[Chow, 1959] Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

[Glasson and Therivel, 2019] Glasson, J. and Therivel, R. (2019). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, 5th edition.

[Karmeli and Keller, 1975] Karmeli, D. and Keller, G. (1975). *Trickle Irrigation Design*. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation.

[Novak et al., 2007] Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., and Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. Taylor & Francis, 4th edition.

[Penche, 2010] Penche, C. (2010). Guide on how to develop a small hydropower plant. Technical report, European Small Hydropower Association (ESHA).

[Ritzema, 1994] Ritzema, H. P., editor (1994). *Drainage Principles and Applications*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**:
- **Prerrequisitos**:
  - CE3H2 Hidrología General (7mo Sem-Pág 458)

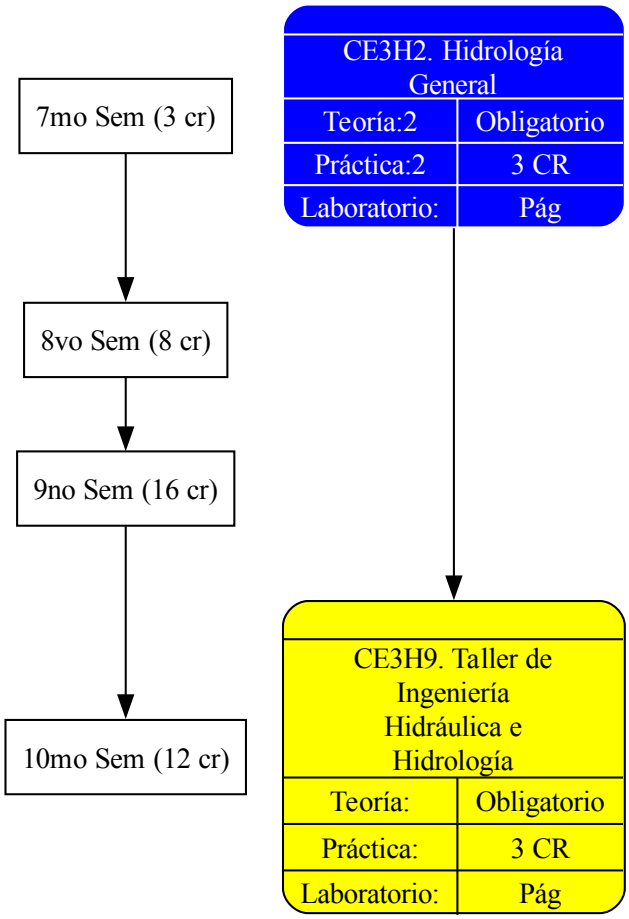


Figura 7.84: Mapa de Conexión. CE3H9 Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología

2. Fundamentación

Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología es un curso aplicado de diseño de presas: parte del planeamiento hidráulico (disponibilidad y demanda hídrica, métodos de dimensionamiento de embalse) para luego cubrir la ingeniería y el diseño estructural de presas de concreto de gravedad, aligeradas, de tierra y de enrocado, incluyendo el análisis de estabilidad y filtraciones, y el diseño de las estructuras conexas de captación, derivación y control.

3. Objetivos del curso.

- Estimar la disponibilidad y demanda hídrica para el planeamiento de un embalse.
- Dimensionar la capacidad de un embalse mediante métodos de simulación y análisis estocástico (Ripple, rango, cadenas de Markov).
- Diseñar presas de concreto (gravedad y aligeradas) y presas de tierra y enrocado, incluyendo el análisis de estabilidad y filtraciones.
- Diseñar las estructuras conexas de captación, derivación y control de un proyecto de presa.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico **II:** Medición y análisis de precipitación **III:** Estimación de evaporación y evapotranspiración **IV:** Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse] **II:** Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar] **III:** Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar] **IV:** Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.2 Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario **II:** Modelación de cuencas y simulación hidrológica **III:** Medición de caudal y técnicas de aforo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar] **II:** Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar] **III:** Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.3 Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático, 3 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño **II:** Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses **III:** Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar] **II:** Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar] **III:** Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]

Bibliografía: [Chow et al., 1988, Loucks and van Beek, 2017]

5.4 Diseño de Estructuras Hidráulicas, 66 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipos de presas y criterios de selección **II:** Hidráulica y diseño de vertedores **III:** Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas **IV:** Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación **V:** Hidráulica y diseño de alcantarillas **VI:** Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos **VII:** Obras de salida y estructuras de control **VIII:** Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental **IX:** Análisis y prevención de cavitación **X:** Modelación física hidráulica y efectos de escala

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] **II:** Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] **III:** Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] **IV:** Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] **V:** Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] **VI:** Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] **VII:** Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] **VIII:** Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] **IX:** Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] **X:** Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]

Bibliografía: [Novak et al., 2007, of Reclamation, 1987]

6. Bibliografía

[Chow et al., 1988] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.

[Loucks and van Beek, 2017] Loucks, D. P. and van Beek, E. (2017). *Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models, and Applications*. Springer, 2nd edition.

[Novak et al., 2007] Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., and Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. Taylor & Francis, 4th edition.

[of Reclamation, 1987] of Reclamation, U. B. (1987). Design of small dams. Technical report, U.S. Government Printing Office.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)

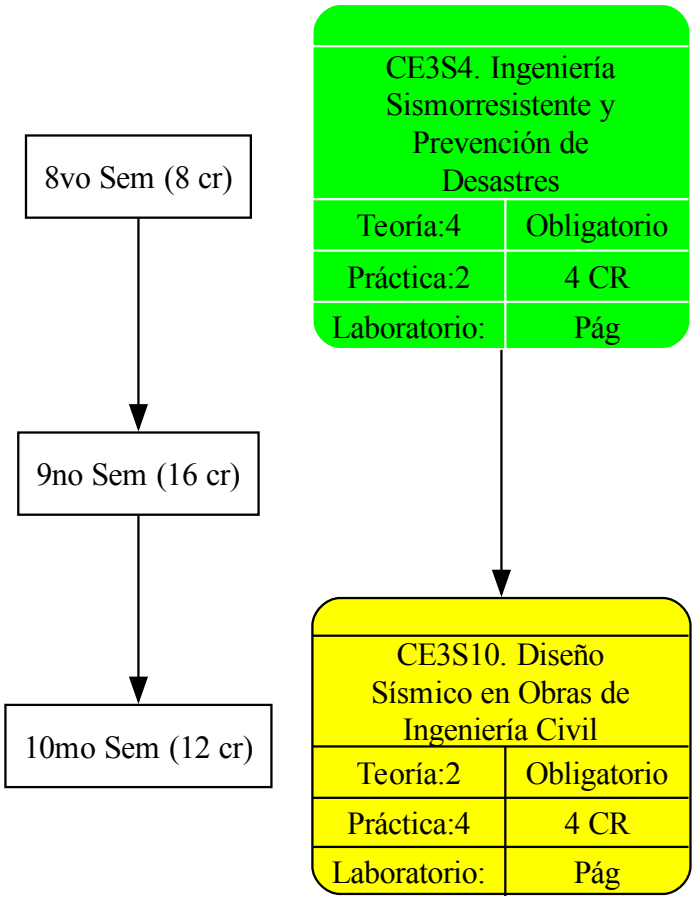


Figura 7.85: Mapa de Conexión. CE3S10 Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil

2. Fundamentación

El Diseño Sísmico de Obras de Ingeniería Civil introduce el análisis sísmico y el diseño en concreto armado de estructuras especiales/industriales de ingeniería civil — chimeneas autoportantes y tanques de almacenamiento de líquidos — extendiendo los fundamentos de sismología, normativa y dinámica estructural del curso de Ingeniería Sismorresistente a estructuras cuyo comportamiento sísmico difiere fundamentalmente del de las edificaciones. El curso abre con el contexto profesional y normativo de las obras de ingeniería civil, enmarcando el perfil elevado de riesgo para la seguridad pública de

las estructuras especiales/industriales, luego revisa el fenómeno sísmico, la norma peruana de diseño sismorresistente y los fundamentos de la dinámica estructural antes de aplicarlos al análisis sísmico y diseño en concreto armado de chimeneas — modeladas como sistemas equivalentes en voladizo — y tanques de almacenamiento de líquidos, cuya respuesta sísmica está gobernada por la interacción hidrodinámica impulsiva-convectiva entre el líquido contenido y las paredes del tanque, siguiendo ACI 307 y ACI 350.3.

3. Objetivos del curso.

- Explicar el contexto profesional y normativo de las obras de ingeniería civil, con énfasis en el perfil de riesgo para la seguridad pública de las estructuras especiales/industriales.
- Explicar el fenómeno sísmico y aplicar la norma peruana de diseño sismorresistente para determinar los parámetros de peligro sísmico y los criterios de configuración estructural.
- Analizar la respuesta dinámica de sistemas estructurales sometidos a movimiento sísmico del terreno.
- Analizar el comportamiento sísmico de chimeneas autoportantes y diseñar su cascarón de concreto armado para carga sísmica según ACI 307.
- Analizar la respuesta sísmica hidrodinámica de tanques de almacenamiento de líquidos y diseñar sus muros y base de concreto armado para presiones hidrodinámicas inducidas por sismo según ACI 350.3.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Contexto Profesional y Normativo, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Tipología de obras de ingeniería civil: edificaciones, infraestructura de transporte e hidráulica, y estructuras especiales/industriales (chimeneas, tanques, silos) **II:** Marco normativo peruano (Reglamento Nacional de Edificaciones) y estándares internacionales aplicables (ACI, ASCE) para estructuras especiales/industriales **III:** Responsabilidad profesional y consideraciones de riesgo para la seguridad pública específicas de estructuras especiales/industriales ante el peligro sísmico **IV:** Proceso de diseño y actores involucrados en un proyecto de estructuras especiales/industriales: propietario, ingeniero proyectista y autoridad normativa

Objetivos de Aprendizaje **I:** Clasificar las obras de ingeniería civil por tipología e identificar el marco normativo aplicable a estructuras especiales/industriales [Familiarizarse] **II:** Explicar la responsabilidad profesional y las consideraciones de riesgo para la seguridad pública específicas del diseño de estructuras especiales/industriales [Familiarizarse] **III:** Describir el proceso de diseño y los actores involucrados en un proyecto de estructuras especiales/industriales [Usar]

Bibliografía: [Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivien

5.2 Sismología y Desastres Naturales, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Tectónica de placas y mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla **II:** Ondas sísmicas: tipos (P, S, superficiales) y su propagación **III:** Escalas de magnitud (momento sísmico) e intensidad sísmica (Mercalli Modificada) **IV:** Sismicidad histórica y contexto tectónico de

subducción del Perú **V:** Tipología de desastres naturales: sísmicos, volcánicos, tsunamis y movimientos en masa **VI:** Gestión del riesgo de desastres: prevención, mitigación, preparación y respuesta (marco SINAGERD) **VII:** Instrumentación sismológica: sismógrafos, acelerógrafos y redes nacionales de monitoreo

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la tectónica de placas y los mecanismos de generación de sismos por ruptura de falla [Familiarizarse] **II:** Diferenciar los tipos de ondas sísmicas y sus efectos sobre las edificaciones [Usar] **III:** Interpretar y distinguir las escalas de magnitud e intensidad sísmica [Usar] **IV:** Describir la sismicidad histórica y el contexto de subducción del Perú [Familiarizarse] **V:** Clasificar los principales tipos de desastres naturales que afectan al territorio peruano [Familiarizarse] **VI:** Analizar el marco de gestión del riesgo de desastres para la prevención y respuesta ante sismos [Evaluar]

Bibliografía: [Bolt, 2005, Kramer, 1996]

5.3 Norma de Diseño Sismorresistente y Criterios de Estructuración, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Alcance y estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 **II:** Parámetros de peligro sísmico: zonificación (Z), factor de uso (U) y perfil de suelo (S) **III:** Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) **IV:** Irregularidades estructurales en planta: torsional, esquinas entrantes y discontinuidad de diafragma **V:** Irregularidades estructurales en altura: piso blando, piso débil e irregularidad de masa **VI:** Principios de estructuración: simetría, redundancia, hiperestaticidad y continuidad **VII:** Fuerza cortante mínima en la base y límites de distorsión de entrepiso

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar el alcance y la estructura de la norma peruana de diseño sismorresistente E.030 [Familiarizarse] **II:** Determinar los parámetros de peligro sísmico (Z, U, S) aplicables a un sitio dado [Usar] **III:** Seleccionar el sistema estructural y el coeficiente de reducción R correspondiente [Usar] **IV:** Clasificar las irregularidades estructurales en planta y en altura de una edificación [Evaluar] **V:** Aplicar los principios de estructuración para proponer una configuración estructural regular [Usar] **VI:** Verificar el cortante mínimo en la base y los límites de distorsión de entrepiso [Evaluar]

Bibliografía: [Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vi
Bazán and Meli, 2002]

5.4 Dinámica Estructural e Ingeniería Sismorresistente, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Sistemas de un grado de libertad y vibración libre **II:** Vibración forzada y excitación armónica **III:** Modelos de amortiguamiento y mecanismos de disipación de energía **IV:** Análisis del espectro de respuesta **V:** Características del movimiento sísmico del terreno y sismicidad **VI:** Sistemas de múltiples grados de libertad y análisis modal **VII:** Análisis de historia de tiempos y métodos de integración numérica **VIII:** Filosofía del diseño sísmico y principios de diseño por capacidad **IX:** Aislamiento sísmico y dispositivos de disipación de energía **X:** Metodología de diseño sísmico basado en desempeño

Objetivos de Aprendizaje I: Analizar vibración libre de sistemas de un grado de libertad y determinar frecuencias naturales [Evaluar] **II:** Calcular la respuesta estructural a cargas armónicas y periódicas [Usar] **III:** Explicar el rol del amortiguamiento en la reducción de la respuesta dinámica [Familiarizarse] **IV:** Aplicar el método del espectro de respuesta para análisis sísmico [Usar] **V:** Interpretar parámetros del movimiento sísmico del terreno y mapas de amenaza sísmica [Familiarizarse] **VI:** Realizar análisis modal para sistemas de múltiples grados de libertad [Evaluar] **VII:** Conducir análisis de historia de tiempos usando técnicas de integración numérica [Usar] **VIII:** Diseñar estructuras siguiendo principios de diseño por capacidad y detalles

dúctiles [Evaluar] **IX:** Evaluar la efectividad de sistemas de aislamiento sísmico y amortiguamiento [Familiarizarse] **X:** Implementar procedimientos de diseño sísmico basado en desempeño [Evaluar]

Bibliografía: [Chopra, 2017]

5.5 Estructuras Industriales: Chimeneas y Tanques, 48 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Idealización dinámica de una chimenea autoportante como un modelo equivalente de viga en voladizo (stick model) **II:** Distribución de fuerzas sísmicas y momento de volteo a lo largo de la altura de una chimenea según ACI 307 **III:** Diseño por flexión y cortante de secciones de fuste de chimeneas de concreto armado bajo carga sísmica **IV:** Detallado del refuerzo sísmico para fustes de chimeneas, aberturas y juntas de construcción **V:** Modelo de dos masas impulsiva-convectiva de Housner para la respuesta sísmica hidrodinámica de tanques de almacenamiento de líquidos **VI:** Distribución de presiones hidrodinámicas impulsiva y convectiva (oleaje) sobre las paredes y la base del tanque según ACI 350.3 **VII:** Diseño de paredes y losa de fondo de tanques de concreto armado para las presiones hidrodinámicas inducidas por sismo **VIII:** Altura de oleaje, requisitos de borde libre (freeboard) y diseño del anclaje para tanques de almacenamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la idealización dinámica de una chimenea autoportante como un modelo equivalente de viga en voladizo para el análisis sísmico [Familiarizarse] **II:** Determinar la distribución de fuerzas sísmicas y momento de volteo a lo largo de la altura de una chimenea de concreto armado [Usar] **III:** Diseñar la sección del fuste de concreto armado de una chimenea por flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar] **IV:** Detallar el refuerzo sísmico para fustes de chimeneas, aberturas y juntas de construcción [Usar] **V:** Explicar el modelo de masas impulsiva-convectiva de Housner para la respuesta sísmica hidrodinámica de tanques de almacenamiento de líquidos [Familiarizarse] **VI:** Determinar las distribuciones de presión hidrodinámica impulsiva y convectiva sobre las paredes y la base del tanque [Usar] **VII:** Diseñar las paredes y la losa de fondo de concreto armado de un tanque para las presiones hidrodinámicas inducidas por sismo [Evaluar] **VIII:** Calcular la altura de oleaje y los requisitos de borde libre, y diseñar el anclaje de un tanque de almacenamiento [Usar]

Bibliografía: [307, 2022, 350, 2020, Housner, 1963]

6. Bibliografía

[307, 2022] 307, A. C. (2022). Standard practice for the design and construction of cast-in-place reinforced concrete chimneys (aci 307-22). Technical report, American Concrete Institute.

[350, 2020] 350, A. C. (2020). Seismic design of liquid-containing concrete structures (aci 350.3-20). Technical report, American Concrete Institute.

[Bazán and Meli, 2002] Bazán, E. and Meli, R. (2002). *Diseño Sísmico de Edificios*. Editorial Limusa.

[Bolt, 2005] Bolt, B. A. (2005). *Earthquakes*. W.H. Freeman, 5th edition.

[Chopra, 2017] Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Pearson, 5th edition.

[Housner, 1963] Housner, G. W. (1963). The dynamic behavior of water tanks. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 53(2):381–387.

[Kramer, 1996] Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.

[Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, 2018] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma técnica e.030: Diseño sismorresistente. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S12 Taller de Investigación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (8vo Sem-Pág 510)

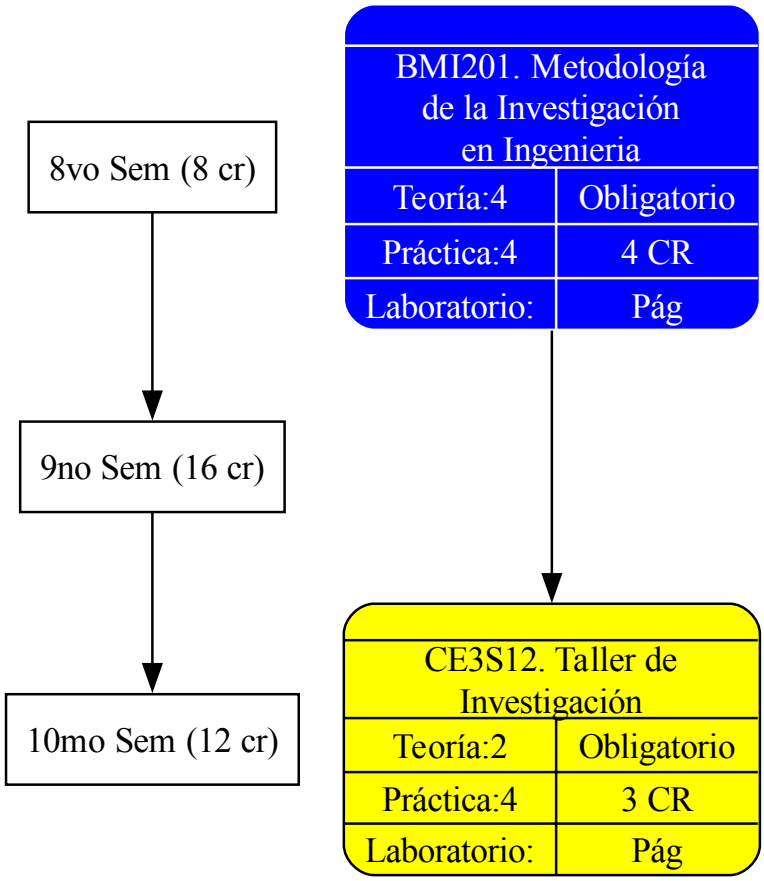


Figura 7.86: Mapa de Conexión. CE3S12 Taller de Investigación

2. Fundamentación

El Taller de Investigación introduce a los estudiantes los fundamentos de la metodología de investigación en ingeniería en preparación para el trabajo de investigación de nivel de tesis en Ingeniería Civil. Los estudiantes aprenden a identificar una idea de investigación y formular un problema de investigación, construir el marco teórico y conceptual que sustenta un estudio, formular hipótesis comprobables y operacionalizar las variables involucradas, seleccionar y justificar un tipo y diseño de investigación apropiado, y recolectar y analizar datos para responder a una pregunta de investigación

en ingeniería civil. El curso también refuerza la ética profesional y las habilidades de comunicación técnica requeridas para conducir y difundir la investigación en ingeniería de manera responsable.

3. Objetivos del curso.

- Formular una idea de investigación en ingeniería civil bien definida y un planteamiento del problema basado en una necesidad técnica real.
- Construir un marco teórico mediante revisión sistemática de la literatura y síntesis crítica de investigaciones previas.
- Formular hipótesis de investigación comprobables y operacionalizar las variables de un estudio en ingeniería civil.
- Seleccionar y justificar un tipo y diseño de investigación apropiado (cuantitativo, cualitativo o mixto) para un problema de investigación dado.
- Recolectar y analizar estadísticamente datos para responder a una pregunta de investigación en ingeniería civil.
- Aplicar la ética profesional y producir comunicación técnica clara a lo largo del proceso de investigación.
- Los entregables para este curso son:

  Parcial: Documento de idea de investigación, planteamiento del problema y marco teórico.

  Final: Propuesta de investigación completa que incluya hipótesis, variables, tipo y diseño de investigación, y un plan preliminar de recolección y análisis de datos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Usar)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Investigación y Metodologías, 28 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Formulación de preguntas de investigación en arquitectura: descriptivas, relacionales, causales; transformación de problemas de diseño en preguntas investigables **II:** Elección de una metodología de investigación: cuantitativa (prueba de hipótesis, estadística), cualitativa (interpretativa, estudio de caso), métodos mixtos **III:** Validez y fiabilidad en la investigación arquitectónica: validez interna, validez externa (generalizabilidad), validez de constructo **IV:** ética de la investigación en la investigación arquitectónica: consentimiento informado, privacidad (anonimización de los usuarios del edificio) **V:** Investigación de métodos mixtos: diseños secuenciales (cualitativos luego cuantitativos) y concurrentes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las principales metodologías de investigación en arquitectura - cuantitativa, cualitativa, métodos mixtos, basada en la práctica - y explicar sus aplicaciones apropiadas [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un diseño de investigación para una investigación arquitectónica, incluyendo la pregunta de investigación, la revisión de la literatura [Usar] **III:** Evaluar el diseño de investigación de un estudio arquitectónico publicado por su validez, fiabilidad y solidez ética, identificando fortalezas y debilidades metodológicas [Evaluar]

Bibliografía: [Creswell, 2018, Leedy and Ormrod, 2019]

5.2 Marco Teórico y Revisión de la Literatura, 16 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Búsqueda sistemática de literatura científica y técnica: bases de datos especializadas (Scopus, Web of Science, ASCE Library), palabras clave y operadores booleanos **II:** Lectura crítica y síntesis de artículos científicos, normas técnicas e informes de investigación previos **III:** Construcción del marco conceptual y teórico: definición de conceptos clave, relaciones entre variables y modelos teóricos de referencia **IV:** Identificación de vacíos de conocimiento (research gap) y justificación de la originalidad del aporte propuesto **V:** Gestión de referencias bibliográficas y normas de citación (APA, IEEE) con herramientas como Zotero o Mendeley

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la estructura y el propósito de un marco teórico dentro de un proyecto de investigación en ingeniería civil [Familiarizarse] **II:** Realizar una búsqueda sistemática de literatura científica y técnica sobre un tema de investigación elegido, usando bases de datos especializadas [Usar] **III:** Sintetizar el estado del arte de un tema de investigación en un marco teórico coherente que identifique un vacío de conocimiento [Evaluar]

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Creswell, 2018]

5.3 Hipótesis y Variables de la Investigación, 16 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de hipótesis: nula, alternativa, direccional y no direccional, y su relación con las preguntas de investigación **II:** Clasificación de variables: independientes, dependientes, de control y de confusión (confounding) **III:** Operacionalización de variables: definición de indicadores medibles y escalas de medición (nominal, ordinal, intervalo, razón) **IV:** Relación entre hipótesis, variables y pruebas estadísticas de contraste: nivel de significancia, error tipo I y tipo II **V:** Representación gráfica de la relación entre variables mediante modelos conceptuales u operacionales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir entre hipótesis nula y alternativa, y entre variables independientes, dependientes y de control, en un problema de investigación de ingeniería civil [Familiarizarse] **II:** Formular una hipótesis de investigación comprobable y operacionalizar sus variables para un problema específico del área de especialización elegida [Usar] **III:** Evaluar la consistencia entre el marco teórico, la hipótesis planteada y el diseño de recolección de datos propuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Montgomery and Runger, 2018, Kumar, 2019]

5.4 Métodos Cuantitativos en la Investigación Arquitectónica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de encuestas para la investigación arquitectónica: métodos de muestreo (probabilístico, de conveniencia), diseño del cuestionario (escalas Likert, diferencial semántico) **II:** Diseños experimentales: experimentos verdaderos (asignación aleatoria, grupo de control), cuasi-experimentos (no aleatorizados, pre-post, series temporales) **III:** Estadística descriptiva: medidas de tendencia central (media, mediana, moda), dispersión (desviación estándar, rango, rango intercuartil) **IV:** Estadística inferencial: prueba de hipótesis (t-test, ANOVA, chi-cuadrado), correlación y regresión (lineal, múltiple) e interpretación de los valores p **V:** Instrumentación para la recopilación de datos cuantitativos: sensores ambientales (temperatura, luz, CO_2), contadores de ocupación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los principales métodos cuantitativos en la investigación arquitectónica - encuestas, experimentos, cuasi-experimentos - [Familiarizarse] **II:** Diseñar una encuesta o un experimento para probar una hipótesis sobre el efecto de una variable de diseño (iluminación, color, distribución) en la satisfacción del usuario [Usar] **III:** Evaluar un estudio

arquitectónico cuantitativo por la validez del muestreo, la idoneidad del análisis estadístico y la interpretación correcta de los valores p [Evaluar]

Bibliografía: [Montgomery and Runger, 2018, Creswell, 2018]

5.5 ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional, 4 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Teorías éticas: utilitarismo, ética del deber, ética de la virtud **II:** Códigos de conducta profesional (p. ej., ASCE, NSPE) y sus cánones fundamentales **III:** Responsabilidad primordial del ingeniero con la seguridad, salud y bienestar públicos **IV:** Dilemas éticos en la práctica: conflictos de interés, denuncia de irregularidades, obsequios **V:** Marcos de toma de decisiones éticas y análisis de casos de estudio **VI:** ética global en ingeniería y desafíos interculturales **VII:** Obligaciones éticas para el desarrollo sostenible y la gestión ambiental **VIII:** Implicaciones éticas de tecnologías emergentes (IA, automatización, privacidad de datos) **IX:** Conducta ética en resolución de disputas y litigios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los principios fundamentales del código de ética del ingeniero [Familiarizarse] **II:** Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un escenario hipotético de ingeniería [Evaluar] **III:** Identificar conflictos de interés y otras trampas éticas comunes en el trabajo de proyectos [Familiarizarse] **IV:** Analizar un caso histórico de falla de ingeniería desde una perspectiva ética [Evaluar] **V:** Evaluar las dimensiones éticas de un proyecto con impactos sociales o ambientales significativos en un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Articular el argumento ético para incorporar la sostenibilidad en todo el trabajo de ingeniería [Familiarizarse] **VII:** Discutir las responsabilidades éticas relacionadas con la recolección y uso de datos en proyectos de infraestructura inteligente [Evaluar] **VIII:** Describir el papel de la ética en los procesos de resolución alternativa de disputas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Harris et al., 2013, Fleddermann, 2020]

5.6 Comunicación Escrita y Redacción Técnica, 3 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico **II:** Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones **III:** Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar] **II:** Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.7 Presentación Oral y Comunicación Profesional, 3 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas **II:** Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos **III:** Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar] **II:** Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse] **III:** Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.8 Comunicación Digital y Colaborativa, 2 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo **II:** Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros **III:** Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar] **II:** Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse] **III:** Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

6. Bibliografía

[Booth et al., 2016] Booth, W. C., Colomb, G. G., and Williams, J. M. (2016). *The Craft of Research*. University of Chicago Press, 4th edition.

[Creswell, 2018] Creswell, J. W. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, 5th edition.

[Fleddermann, 2020] Fleddermann, C. B. (2020). *Engineering Ethics*. Pearson, 5th edition.

[Gurak and Lannon, 2013] Gurak, L. J. and Lannon, J. M. (2013). *A Concise Guide to Technical Communication*. Pearson, 4th edition.

[Harris et al., 2013] Harris, C. E., Pritchard, M. S., and Rabins, M. J. (2013). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Cengage Learning, 6th edition.

[Kumar, 2019] Kumar, R. (2019). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners*. SAGE Publications, 5th edition.

[Leedy and Ormrod, 2019] Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. (2019). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson, 12th edition.

[Montgomery and Runger, 2018] Montgomery, D. C. and Runger, G. C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Wiley, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S2 Concreto Armado II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2S2 Concreto Armado I (7mo Sem-Pág 441)

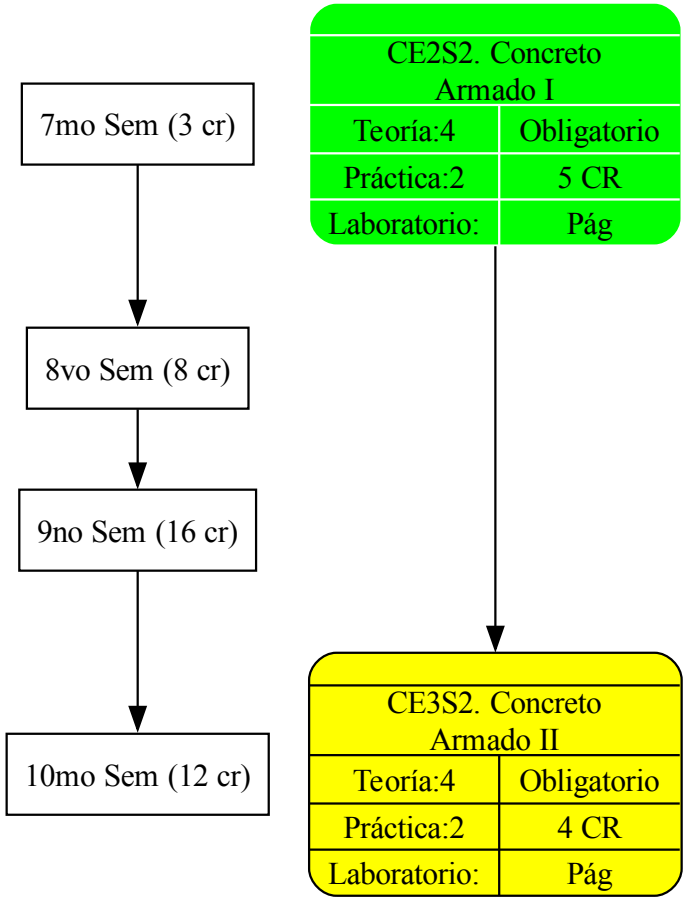


Figura 7.87: Mapa de Conexión. CE3S2 Concreto Armado II

2. Fundamentación

El Diseño de Concreto Armado II se basa directamente en el Diseño de Concreto Armado I, extendiendo la metodología de diseño por estados límite al estructuramento y diseño de sistemas de losas de edificaciones, muros estructurales de concreto armado sismorresistentes (muros de corte) y disposiciones para pórticos especiales resistentes a momentos, y al uso de software de análisis estructural para modelamiento tridimensional de edificios. El curso también desarrolla el diseño de estructuras de contención de tierras, incluyendo muros de sótano, muros anclados, muros de gravedad, y muros de

contención en voladizo y con contrafuertes, junto con el diseño avanzado de cimentaciones superficiales que cubre zapatas aisladas, combinadas, conectadas, excéntricas y continuas. A través de ejercicios de diseño progresivos e integrados, los estudiantes aplican códigos de diseño vigentes para producir un diseño completo de un edificio de concreto armado sismorresistente, preparándolos para cursos avanzados de diseño estructural y sismorresistente.

3. Objetivos del curso.

- Estructurar edificios de concreto armado y diseñar sistemas de losas unidireccionales (prefabricadas) y bidireccionales de concreto armado.
- Diseñar muros estructurales especiales de concreto armado (muros de corte) para resistencia a fuerzas laterales sísmicas.
- Aplicar disposiciones especiales de detallado sísmico a pórticos resistentes a momentos de concreto armado.
- Construir y analizar modelos estructurales tridimensionales de edificios de concreto armado utilizando software de análisis estructural.
- Diseñar estructuras de contención de tierras, incluyendo muros de sótano, muros anclados, muros de gravedad, y muros de contención en voladizo y con contrafuertes.
- Diseñar cimentaciones superficiales, incluyendo zapatas aisladas, combinadas, conectadas, excéntricas y continuas.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Concreto Armado, 18 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Filosofía de diseño y metodología de estados límite para estructuras de concreto **II:** Diseño a flexión de vigas rectangulares y en T **III:** Diseño a cortante y torsión de elementos de concreto **IV:** Elementos a compresión y diseño de columnas **V:** Diseño de losas, incluyendo sistemas unidireccionales y bidireccionales **VI:** Longitud de anclaje y empalmes del refuerzo **VII:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad para vigas y losas de concreto

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la filosofía de diseño por estados límite y las combinaciones de cargas mayoradas [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas de concreto armado para flexión y verificar serviciabilidad [Evaluar] **III:** Calcular los requisitos de refuerzo por cortante y torsión [Usar] **IV:** Dimensionar columnas para carga axial y flexión biaxial [Evaluar] **V:** Diseñar sistemas de losas unidireccionales y bidireccionales con el refuerzo apropiado [Usar] **VI:** Determinar longitudes de desarrollo y diseñar empalmes por traslapo de barras de refuerzo [Evaluar] **VII:** Controlar deflexiones y verificar requisitos de serviciabilidad mediante un dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, McCormac and Brown, 2021]

5.2 Sistemas de Retención de Tierra, 26 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teoría de presiones de tierra, incluyendo presiones activa y pasiva **II:** Tipos de muros de retención y criterios de selección **III:** Métodos de ensayo de carga, incluyendo pruebas

estáticas y dinámicas **IV:** Muros anclados y sistemas con anclaje posterior **V:** Muros de tierra mecánicamente estabilizada y sistemas de suelo reforzado **VI:** Diseño de muros de sótano y de fundación considerando condiciones de restricción en la cabeza del muro **VII:** Diseño de muros de contención con contrafuertes

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar teorías de presión lateral de tierra para el diseño de muros de retención [Evaluar] **II:** Diseñar muros de retención de gravedad y en voladizo [Usar] **III:** Diseñar sistemas de muros anclados, incluyendo capacidad de anclajes al terreno [Evaluar] **IV:** Dimensionar muros de tierra mecánicamente estabilizada y seleccionar refuerzo [Usar] **V:** Diseñar muros de sótano y de fundación considerando la restricción en la cabeza del muro, sobrecarga y presión hidrostática [Evaluar] **VI:** Diseñar muros de contención con contrafuertes, incluyendo pantalla, talón, puntera y contrafuertes [Usar]

Bibliografía: [Das, 2019, ACI Committee 318, 2019]

5.3 Detalles Sísmicos de Concreto Armado, 7 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Uniones viga-columna y conexiones en pórticos resistentes a momento **II:** Detalles sísmicos y diseño dúctil de estructuras de concreto **III:** Diseño de muros estructurales especiales de concreto armado (placas) para resistencia sísmica lateral **IV:** Disposiciones especiales de detallado sísmico para pórticos de concreto armado resistentes a momento

Objetivos de Aprendizaje I: Detallar uniones viga-columna para transferencia de momento y resistencia a cortante [Evaluar] **II:** Implementar requisitos de detalles sísmicos para pórticos dúctiles de concreto [Evaluar] **III:** Diseñar muros estructurales especiales de concreto armado para solicitaciones combinadas de carga axial, flexión y cortante bajo carga sísmica [Evaluar] **IV:** Aplicar disposiciones especiales de detallado sísmico a elementos de pórticos de concreto armado y nudos viga-columna [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.4 Análisis de Concreto Presforzado, 7 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Principios del concreto pretensado y métodos de pretensado previo **II:** Análisis elástico de esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio **III:** Secciones compuestas de concreto presforzado: elementos prefabricados con losa vaciada in situ **IV:** Pérdidas de presfuerzo instantáneas y diferidas en el tiempo

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar principios de pretensado para diseñar elementos pretensados [Usar] **II:** Analizar los esfuerzos en secciones de concreto presforzado bajo cargas de servicio mediante teoría elástica [Usar] **III:** Diseñar secciones compuestas de concreto presforzado que combinan elementos prefabricados y concreto vaciado in situ [Evaluar] **IV:** Calcular las pérdidas instantáneas y diferidas de presfuerzo [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.5 Diseño de Concreto Presforzado, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Sistemas de concreto postensado y diseño de tendones **II:** Control de deflexiones y requisitos de serviciabilidad **III:** Resistencia a flexión de elementos de concreto presforzado en estado límite último **IV:** Diseño a corte y torsión de elementos de concreto presforzado **V:** Estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar losas y vigas postensadas, incluyendo el trazado de tendones [Evaluar] **II:** Controlar deflexiones mediante dimensionamiento adecuado de elementos y refuerzo [Usar] **III:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a flexión en estado límite último [Evaluar] **IV:** Diseñar elementos de concreto presforzado para resistencia a corte y torsión [Evaluar] **V:** Analizar estructuras hiperestáticas de concreto presforzado, incluyendo momentos secundarios [Evaluar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019, Moehle, 2015]

5.6 Práctica de Modelamiento y Análisis Estructural de Edificaciones, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Reconocimiento de edificios de estudio: geometría, sistemas estructurales y trayectoria de cargas **II:** Modelamiento de pórticos y armaduras planas de edificios reales mediante software de análisis estructural basado en el método de la rigidez **III:** Aplicación del análisis estático y sísmico por espectro de respuesta a casos de estudio representativos de edificaciones **IV:** Presentación y discusión entre pares de resultados de análisis estructural y sus implicancias de diseño **V:** Definición de geometría, materiales, secciones y condiciones de contorno de un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural (ETABS, Midas Gen) **VI:** Asignación de cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación **VII:** Análisis estático y dinámico (modal) de modelos de edificaciones e interpretación de resultados, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración **VIII:** Verificación de los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados y revisiones normativas

Objetivos de Aprendizaje I: Modelar sistemas estructurales de edificaciones reales para análisis estático y sísmico basado en el método de la rigidez utilizando software de análisis estructural [Usar] **II:** Interpretar y validar resultados de análisis generados por computadora contrastándolos con el comportamiento estructural esperado [Evaluar] **III:** Presentar y sustentar ante pares los resultados del análisis estructural y sus implicancias de diseño [Usar] **IV:** Asignar cargas de gravedad, sísmicas y de viento, y sus combinaciones, a un modelo tridimensional de edificación en software comercial de análisis estructural [Usar] **V:** Interpretar resultados de análisis dinámico, incluyendo distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración [Evaluar] **VI:** Verificar los resultados generados por software contrastándolos con cálculos manuales simplificados [Evaluar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016]

5.7 Capacidad Portante y Diseño, 26 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Teoría de capacidad portante y mecanismos de falla **II:** Ecuaciones de capacidad portante última para varias condiciones **III:** Análisis de asentamientos usando métodos elásticos y de consolidación **IV:** Diseño de zapatas aisladas **V:** Zapatas combinadas y zapatas con viga de enlace **VI:** Presión de contacto admisible y selección del factor de seguridad **VII:** Análisis y diseño de cimentaciones tipo losa **VIII:** Efectos de carga excéntrica e inclinada **IX:** Efectos de interacción suelo-estructura **X:** Asentamientos diferenciales y límites tolerables **XI:** Diseño de cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar mecanismos de falla por capacidad portante en cimentaciones superficiales [Familiarizarse] **II:** Calcular la capacidad portante última usando las ecuaciones de Terzaghi y Meyerhof [Evaluar] **III:** Predecir asentamientos totales y diferenciales para cimentaciones superficiales [Usar] **IV:** Diseñar zapatas aisladas para cargas gravitacionales [Evaluar] **V:** Dimensionar zapatas combinadas y con viga de enlace para arreglos de columnas [Usar] **VI:** Determinar presiones de contacto admisibles basadas en criterios de resistencia y asentamiento [Evaluar] **VII:** Analizar cimentaciones tipo losa usando métodos convencionales

y de elementos finitos [Evaluar] **VIII:** Evaluar la capacidad portante bajo carga excéntrica e inclinada [Usar] **IX:** Considerar la interacción suelo-estructura en el diseño de cimentaciones [Familiarizarse] **X:** Evaluar los asentamientos diferenciales y aplicar criterios de asentamientos tolerables [Evaluar] **XI:** Diseñar cimientos corridos (continuos) para muros de sótano y de fundación [Usar]

Bibliografía: [Coduto, 2001, Das, 2019]

5.8 Proyecto Integrador de Diseño Estructural, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Ejercicio de diseño progresivo que integra el diseño de losas, muros estructurales y cimentaciones de una edificación de concreto armado de varios pisos **II:** Coordinación de las decisiones de diseño estructural con las restricciones arquitectónicas y geotécnicas del proyecto **III:** Documentación del diseño estructural, incluyendo memorias de cálculo y planos de diseño

Objetivos de Aprendizaje I: Desarrollar un diseño estructural progresivo e integrado de una edificación de concreto armado que incorpore losas, muros estructurales y cimentaciones [Evaluar] **II:** Aplicar de manera acumulativa los contenidos del curso para resolver problemas de diseño realistas y abiertos bajo restricciones normativas y de sitio [Evaluar] **III:** Preparar documentación de cálculo estructural que comunique las decisiones de diseño [Usar]

Bibliografía: [Wight and MacGregor, 2016, ACI Committee 318, 2019]

6. Bibliografía

[ACI Committee 318, 2019] ACI Committee 318 (2019). Building code requirements for structural concrete (aci 318-19) and commentary. Technical report, American Concrete Institute.

[Coduto, 2001] Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices*. Prentice Hall, 2nd edition.

[Das, 2019] Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning, 9th edition.

[McCormac and Brown, 2021] McCormac, J. C. and Brown, R. H. (2021). *Design of Reinforced Concrete*. Wiley, 10th edition.

[Moehle, 2015] Moehle, J. P. (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. McGraw-Hill Education.

[Wight and MacGregor, 2016] Wight, J. K. and MacGregor, J. G. (2016). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. Pearson, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3S4 Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (8vo Sem-Pág 489)

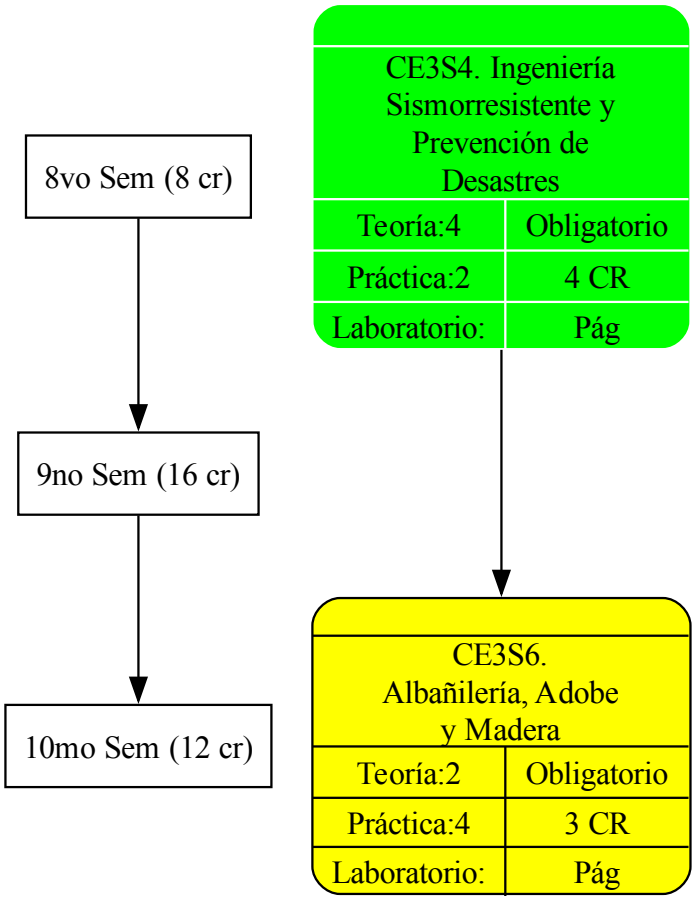


Figura 7.88: Mapa de Conexión. CE3S6 Albañilería, Adobe y Madera

2. Fundamentación

Mampostería, Adobe y Madera cubre el diseño sismorresistente de edificios de baja altura utilizando los sistemas estructurales más ampliamente utilizados en la construcción peruana: mampostería estructural, adobe y madera. Partiendo de los fundamentos de ingeniería sísmica del curso de Ingeniería Sismorresistente, el curso desarrolla un taller de diseño que aplica criterios de selección de materiales, requisitos del código sísmico y detallado estructural a proyectos completos de diseño de edificios en mampostería, adobe y madera.

3. Objetivos del curso.

- Formular el proceso de diseño para un edificio de baja altura, integrando condiciones del sitio, selección de materiales y códigos de construcción peruanos aplicables.
- Diseñar muros de mampostería estructural y no estructural para cargas gravitacionales y sísmicas.
- Diseñar muros de adobe y especificar técnicas de refuerzo sísmico de acuerdo con la Norma E.080.
- Diseñar elementos estructurales de madera y sus conexiones para edificios y estructuras ligeras.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Proceso de Diseño de Edificaciones de Baja Altura, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Reconocimiento de sitio y suelo, requisitos del proyecto y marco normativo aplicable (E.030, E.070, E.080, E.010) **II:** Criterios de selección de un sistema estructural entre mampostería, adobe y madera en función de las condiciones de sitio, disponibilidad de materiales y peligro sísmico **III:** Integración del diseño estructural con la disposición arquitectónica de un proyecto de edificación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el proceso de diseño de una edificación de baja altura, identificando las condiciones de sitio y el marco normativo peruano aplicable [Familiarizarse] **II:** Seleccionar un sistema estructural apropiado para un proyecto de edificación en función de las condiciones de sitio, los materiales y el peligro sísmico [Usar] **III:** Formular el alcance y los requisitos de un proyecto de edificación que integra sistemas de mampostería, adobe o madera [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Min

5.2 Diseño de Estructuras de Mampostería, 22 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Materiales de mampostería, unidades y propiedades del mortero **II:** Diseño de muros de mampostería no reforzada para compresión y flexión **III:** Diseño y detalles de mampostería reforzada **IV:** Diseño sísmico de estructuras de mampostería y madera

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar tipos de unidades de mampostería y especificar el mortero apropiado para aplicaciones [Familiarizarse] **II:** Diseñar muros de mampostería no reforzada para cargas gravitacionales y laterales [Evaluar] **III:** Dimensionar elementos de mampostería reforzada y especificar detalles del refuerzo [Usar] **IV:** Implementar disposiciones de diseño sísmico para edificios de mampostería y madera [Usar]

Bibliografía: [Drysdale and Hamid, 2008, de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006b]

5.3 Diseño de Madera y Sistemas de Acero Liviano, 33 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Propiedades de la madera, clasificación y valores de diseño **II:** Diseño de madera aserrada y madera laminada encolada **III:** Conexiones de madera, incluyendo clavos, pernos y conectores metálicos **IV:** Elementos de acero conformado en frío y propiedades de sección **V:** Sistemas de estructuras de acero liviano y su diseño **VI:** Productos de madera de ingeniería, incluyendo viguetas tipo I y madera compuesta estructural

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar especies y grados de madera basándose en requisitos estructurales [Familiarizarse] **II:** Diseñar vigas, columnas y elementos con carga combinada de madera [Evaluar] **III:** Especificar conexiones de madera y calcular su capacidad [Usar] **IV:** Calcular propiedades efectivas de sección para elementos de acero conformado en frío [Evaluar] **V:** Diseñar montantes de muro y vigas de piso de acero liviano [Usar] **VI:** Aplicar productos de madera de ingeniería en sistemas de piso y techo [Evaluar]

Bibliografía: [Breyer et al., 2015, de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006a]

5.4 Diseño de Estructuras de Adobe, 17 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** El adobe como material estructural: propiedades mecánicas y comportamiento sísmico **II:** Diseño de muros de adobe para cargas gravitacionales y verificación de espesores y esbeltez según la Norma E.080 **III:** Técnicas de refuerzo sísmico de construcciones de adobe: mallas, geomallas y refuerzo horizontal y vertical

Objetivos de Aprendizaje **I:** Caracterizar las propiedades mecánicas del adobe y su comportamiento sísmico [Familiarizarse] **II:** Diseñar muros de adobe según los requisitos de espesor, esbeltez y geometría de la Norma E.080 [Evaluar] **III:** Especificar técnicas de refuerzo sísmico para edificaciones de adobe nuevas y existentes [Usar]

Bibliografía: [Blondet et al., 2003, de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2017]

6. Bibliografía

[Blondet et al., 2003] Blondet, M., Garcia, G. V., and Brzev, S. (2003). Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial. Technical report, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia.

[Breyer et al., 2015] Breyer, D. E., Cobeen, K. E., Fridley, D. G., and Pawlowski, K. J. (2015). *Design of Wood Structures ASD/LRFD*. McGraw-Hill, 8th edition.

[de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006a] de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), S. N. (2006a). Norma técnica e.010: Madera. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2006b] de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), S. N. (2006b). Norma técnica e.070: Albañilería. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), 2017] de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), S. N. (2017). Norma técnica e.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

[Drysdale and Hamid, 2008] Drysdale, R. G. and Hamid, A. A. (2008). *Masonry Structures: Behavior and Design*. Masonry Society, 3rd edition.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). A guide to the project management body of knowledge (pmbok guide). Technical report, Project Management Institute.

[Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, 2018] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, C. y. S. d. P. (2018). Norma técnica e.030: Diseño sismorresistente. Technical report, Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T5 Planificación de Transporte (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3T4 Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (9no Sem-Pág 570)

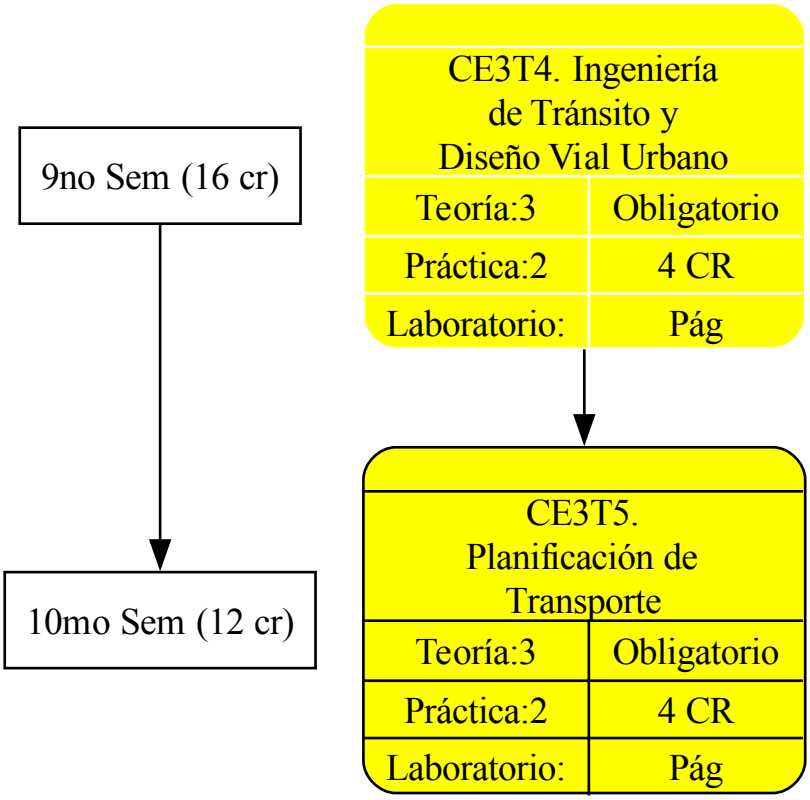


Figura 7.89: Mapa de Conexión. CE3T5 Planificación de Transporte

2. Fundamentación

Escribir la justificación del curso aquí ... (traducción pendiente – ver versión en inglés)

3. Objetivos del curso.

- Escribir el 1er objetivo del curso aquí (traducción pendiente – ver versión en inglés)
- Escribir el 2do objetivo del curso aquí (traducción pendiente – ver versión en inglés)
- En caso de necesitar mas objetivos agregarlos aquí (traducción pendiente – ver versión en inglés)

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Operaciones y Gestión del Tráfico, 5 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de corredores arteriales y coordinación de semáforos **II:** Operaciones en autopistas y análisis de cuellos de botella **III:** Simulación de tránsito y modelación de microsimulación **IV:** Gestión de incidentes y centros de gestión del tráfico **V:** Diseño de glorietas y análisis de capacidad

Objetivos de Aprendizaje **I:** Desarrollar sistemas coordinados de semáforos para corredores arteriales [Usar] **II:** Evaluar el desempeño de autopistas e identificar cuellos de botella operacionales [Evaluar] **III:** Utilizar modelos de simulación de tránsito para análisis operacional complejo [Usar] **IV:** Implementar estrategias de gestión de incidentes y operaciones de gestión del tráfico [Evaluar] **V:** Diseñar glorietas y analizar su desempeño operacional [Usar]

Bibliografía: [Roess et al., 2011, Transportation Research Board, 2022]

5.2 Planificación de Transporte y Economía, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de planificación de transporte y marco institucional **II:** Modelación y métodos de pronóstico de la demanda de viajes **III:** Modelo de demanda de viajes de cuatro etapas **IV:** Métodos de recolección de datos para planificación de transporte **V:** Evaluación económica y análisis costo-beneficio **VI:** Modelación basada en actividades y técnicas avanzadas de pronóstico **VII:** Planificación de transporte multimodal e integración **VIII:** Transporte sostenible y consideraciones ambientales **IX:** Participación pública y compromiso con las partes interesadas **X:** Medidas de desempeño y monitoreo del sistema

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar el proceso de planificación de transporte y las relaciones institucionales [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos de pronóstico de demanda de viajes para predecir patrones futuros de viaje [Evaluar] **III:** Implementar el modelo de demanda de viajes de cuatro etapas para análisis regional [Usar] **IV:** Diseñar programas de recolección de datos para estudios de transporte [Evaluar] **V:** Realizar análisis costo-beneficio para proyectos de transporte [Usar] **VI:** Utilizar modelos basados en actividades para análisis avanzado de demanda de viajes [Evaluar] **VII:** Desarrollar planes integrados de transporte multimodal [Usar] **VIII:** Incorporar principios de sostenibilidad en la planificación del transporte [Evaluar] **IX:** Facilitar procesos de participación pública en la planificación del transporte [Familiarizarse] **X:** Establecer medidas de desempeño y sistemas de monitoreo para redes de transporte [Evaluar]

Bibliografía: [Meyer and Miller, 2001, de Dios Ortuzar and Willumsen, 2011]

5.3 Economía y Financiamiento del Transporte, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Métodos de evaluación económica de proyectos de transporte (VAN, TIR, relación costo-beneficio) **II:** Financiamiento de infraestructura de transporte y asociaciones público-privadas **III:** Tarificación vial, tarificación por congestión y mecanismos de captura de valor **IV:** Subsidios al transporte público y mecanismos de financiamiento

Objetivos de Aprendizaje I: Evaluar un proyecto de transporte usando los métodos de VAN, TIR y relación costo-beneficio [Usar] **II:** Describir mecanismos de financiamiento de infraestructura, incluyendo asociaciones público-privadas [Familiarizarse] **III:** Evaluar mecanismos de tarificación vial y de captura de valor para un corredor de transporte [Evaluar] **IV:** Explicar las estructuras de subsidio al transporte público y sus mecanismos de financiamiento [Familiarizarse]

Bibliografía: [Boardman et al., 2018, Button, 2010]

5.4 Transporte de Carga y Logística, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: I: Modelación de la demanda de carga y análisis de flujo de mercancías **II:** Diseño de redes logísticas y de cadena de suministro de carga **III:** Terminales de carga intermodal e instalaciones de transferencia **IV:** Distribución urbana de mercancías y entrega de última milla

Objetivos de Aprendizaje I: Modelar la demanda de carga y los flujos de mercancías de una región [Usar] **II:** Diseñar una red logística para cadenas de suministro de carga [Usar] **III:** Describir el rol de las terminales de carga intermodal en una red logística [Familiarizarse] **IV:** Proponer estrategias de distribución urbana de mercancías para reducir los impactos de la entrega de última milla [Evaluar]

Bibliografía: [Ballou, 2004]

5.5 Planificación de Sistemas de Transporte Público, 20 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Planificación de rutas y redes de transporte público **II:** Selección de modo de transporte (bus, BRT, tren ligero, metro) y diseño de servicio **III:** Política tarifaria e integración tarifaria multimodal **IV:** Accesibilidad al transporte público y conexiones de primera/última milla

Objetivos de Aprendizaje I: Planificar una ruta y red de transporte público para un área de servicio dada [Usar] **II:** Seleccionar un modo de transporte público apropiado y diseñar sus características de servicio [Evaluar] **III:** Describir opciones de política tarifaria y enfoques de integración tarifaria multimodal [Familiarizarse] **IV:** Mejorar la accesibilidad al transporte público mediante estrategias de conexión de primera/última milla [Usar]

Bibliografía: [Vuchic, 2007, Transportation Research Board, 2013]

6. Bibliografía

[Ballou, 2004] Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management*. Pearson Prentice Hall, 5th edition.

[Boardman et al., 2018] Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., and Weimer, D. L. (2018). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Cambridge University Press, 5th edition.

[Button, 2010] Button, K. (2010). *Transport Economics*. Edward Elgar Publishing, 3rd edition.

[de Dios Ortuzar and Willumsen, 2011] de Dios Ortuzar, J. and Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, 4th edition.

[Meyer and Miller, 2001] Meyer, M. D. and Miller, E. J. (2001). *Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach*. McGraw-Hill, 2nd edition.

[Roess et al., 2011] Roess, R. P., Prassas, E. S., and McShane, W. R. (2011). *Traffic Engineering*. Pearson, 4th edition.

[Transportation Research Board, 2013] Transportation Research Board (2013). Transit capacity and quality of service manual. Technical report, Transit Cooperative Research Program (TCRP Report 165).

[Transportation Research Board, 2022] Transportation Research Board (2022). Highway capacity manual. Technical report, Transportation Research Board, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

[Vuchic, 2007] Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*. John Wiley & Sons.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T6 Ingeniería de Pavimentos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)

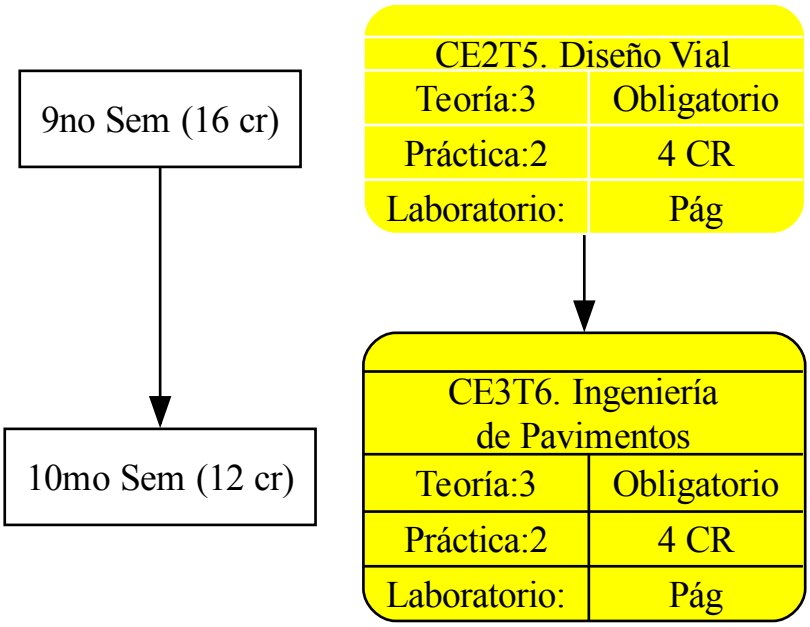


Figura 7.90: Mapa de Conexión. CE3T6 Ingeniería de Pavimentos

2. Fundamentación

Ingeniería de Pavimentos es el curso de diseño y gestión de pavimentos de la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG), que se apoya en los conceptos de sección transversal, subrasante y movimiento de tierras introducidos en Diseño Vial (CE2T5) para abordar la caracterización, el diseño, la evaluación y la gestión de estructuras de pavimento flexible y rígido a lo largo de su vida de servicio. El curso inicia con los materiales de pavimento y su caracterización, cubriendo tipos de pavimento y componentes estructurales, propiedades del ligante asfáltico y de las mezclas asfálticas, propiedades de los agregados y requisitos de gradación, y tecnologías sostenibles de pavimentación y reciclaje. Luego desarrolla el diseño y gestión de pavimentos, cubriendo la caracterización de la carga de tránsito y el cálculo del eje simple equivalente de diseño (ESAL), el diseño de pavimentos flexibles usando métodos empíricos, el diseño de pavimentos rígidos y sistemas de juntas, y los métodos de diseño mecanicista-empíricos. Sobre esta base de diseño, el curso cubre la evaluación de la condición de pavimentos y la planificación del mantenimiento, incluyendo la predicción del desempeño y los mecanismos de deterioro, los levantamientos visuales de fallas y el índice de condición del pavimento (PCI), la medición de la rugosidad, la evaluación estructural mediante ensayos de deflexión, y la planificación de programas de

mantenimiento y rehabilitación. El curso cierra con la gestión de activos viales y de puentes, cubriendo el inventario y la evaluación de la condición, los modelos de deterioro y criterios de priorización, y el análisis de costo del ciclo de vida para la conservación a nivel de red – proporcionando la base de materiales, diseño, evaluación y gestión de activos requerida para la práctica profesional en ingeniería de pavimentos.

3. Objetivos del curso.

- Caracterizar ligantes asfálticos y mezclas, evaluar la calidad de los agregados, y aplicar tecnologías sostenibles de pavimentación y reciclaje.
- Calcular el eje simple equivalente de diseño (ESAL) a partir de la composición del tránsito y proyecciones de crecimiento.
- Diseñar pavimentos flexibles usando métodos empíricos y pavimentos rígidos con sistemas de juntas apropiados.
- Aplicar métodos mecanicista-empíricos para el diseño de pavimentos y predecir el desempeño de pavimentos e identificar mecanismos de deterioro.
- Realizar levantamientos visuales de fallas, calcular el índice de condición del pavimento (PCI), y realizar la evaluación estructural mediante ensayos de deflexión.
- Elaborar planes de programas de mantenimiento y rehabilitación con base en la estimación de la vida útil remanente.
- Aplicar índices de condición, modelos de deterioro y análisis de costo del ciclo de vida para planificar y presupuestar programas de gestión de activos viales y de puentes.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Materiales de Pavimento y Caracterización, 10 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de pavimento y componentes estructurales **II:** Propiedades del ligante asfáltico y de las mezclas asfálticas **III:** Propiedades de los agregados y requisitos de gradación **IV:** Caracterización y estabilización de la subrasante **V:** Tecnologías sostenibles de pavimentación y reciclaje

Objetivos de Aprendizaje **I:** Identificar tipos de pavimento y describir sus funciones estructurales [Familiarizarse] **II:** Caracterizar ligantes asfálticos y diseñar mezclas asfálticas [Evaluar] **III:** Evaluar la calidad de los agregados para aplicaciones en pavimentos [Usar] **IV:** Evaluar la resistencia de la subrasante y especificar tratamientos de estabilización [Evaluar] **V:** Incorporar prácticas sostenibles y materiales reciclados en el diseño de pavimentos [Familiarizarse]

Bibliografía: [Roberts et al., 1996, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2014]

5.2 Diseño y Gestión de Pavimentos, 44 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Caracterización de la carga de tránsito y cálculo del eje simple equivalente de diseño (ESAL) **II:** Confiabilidad de diseño, serviciabilidad y factores de drenaje/ambientales en el diseño de pavimentos **III:** Diseño de pavimentos flexibles usando métodos empíricos **IV:** Diseño de pavimentos rígidos y sistemas de juntas **V:** Métodos de diseño de pavimentos mecanicista-empíricos **VI:** Predicción del desempeño de pavimentos y mecanismos de deterioro **VII:** Estrategias de rehabilitación y diseño de sobrecapas **VIII:** Sistemas de gestión de pavimentos y análisis de costo del ciclo de vida

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular el eje simple equivalente de diseño (ESAL) a partir de la composición del tránsito y proyecciones de crecimiento [Usar] **II:** Determinar la confiabilidad de diseño, la serviciabilidad y los parámetros de drenaje/ambientales para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos [Evaluar] **III:** Diseñar pavimentos flexibles usando métodos AASHTO o equivalentes [Evaluar] **IV:** Dimensionar el espesor de pavimentos rígidos y diseñar espaciamiento de juntas [Usar] **V:** Aplicar métodos mecanicista-empíricos para el diseño de pavimentos [Usar] **VI:** Predecir el desempeño de pavimentos e identificar mecanismos de deterioro [Evaluar] **VII:** Seleccionar estrategias de rehabilitación apropiadas y diseñar sobrecapas [Usar] **VIII:** Implementar sistemas de gestión de pavimentos y realizar análisis del ciclo de vida [Evaluar]

Bibliografía: [Huang, 2004, AASHTO, 1993]

5.3 Evaluación de la Condición de Pavimentos y Planificación del Mantenimiento, 15 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Levantamiento visual de fallas y cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) **II:** Medición de la rugosidad del pavimento y el índice de rugosidad internacional (IRI) **III:** Evaluación estructural mediante ensayos de deflexión (deflectómetro de impacto, viga Benkelman) **IV:** Retrocálculo de los módulos de las capas del pavimento y evaluación de la capacidad estructural **V:** Estimación de la vida útil remanente y selección de tratamientos de rehabilitación **VI:** Planificación y programación de mantenimiento y rehabilitación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Realizar levantamientos visuales de fallas y calcular el índice de condición del pavimento (PCI) [Usar] **II:** Explicar los métodos de medición de rugosidad del pavimento e interpretar el índice de rugosidad internacional [Familiarizarse] **III:** Realizar la evaluación estructural de pavimentos en servicio mediante ensayos de deflexión [Usar] **IV:** Retrocalcular los módulos de las capas del pavimento a partir de los datos del cuenco de deflexión [Evaluar] **V:** Estimar la vida útil remanente de un pavimento y seleccionar un tratamiento apropiado [Evaluar] **VI:** Elaborar planes y cronogramas de mantenimiento y rehabilitación [Usar]

Bibliografía: [Shahin, 2005, ASTM International, 2020]

5.4 Gestión de Activos Viales y de Puentes, 5 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Inventario, inspección y evaluación de la condición de carreteras y puentes **II:** Índices de condición, modelos de deterioro y criterios de priorización para programas de mantenimiento y rehabilitación **III:** Análisis de costo del ciclo de vida y presupuesto para la conservación de redes viales y de puentes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los fundamentos de un sistema de gestión de activos de infraestructura para carreteras y puentes [Familiarizarse] **II:** Aplicar índices de condición y criterios de priorización para planificar acciones de mantenimiento y rehabilitación en una red vial o de puentes [Usar] **III:** Analizar el costo del ciclo de vida para presupuestar programas de conservación de infraestructura vial y de puentes [Evaluar]

Bibliografía: [Shahin, 2005, Huang, 2004]

6. Bibliografía

[AASHTO, 1993] AASHTO (1993). Aashto guide for design of pavement structures. Technical report, American Association of State Highway and Transportation Officials.

[ASTM International, 2020] ASTM International (2020). Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys. Technical Report D6433, ASTM International.

[Huang, 2004] Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Pearson Prentice Hall, 2nd edition.

[Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2014] Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Technical report, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

[Roberts et al., 1996] Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D.-Y., and Kennedy, T. W. (1996). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*. NAPA Education Foundation, 2nd edition.

[Shahin, 2005] Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. Springer, 2nd edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T7 Puertos (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2T5 Diseño Vial (9no Sem-Pág 516)

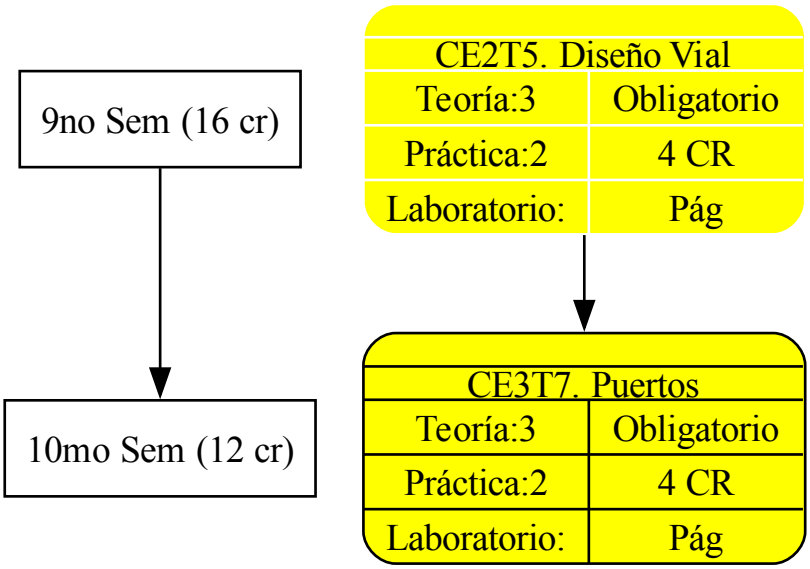


Figura 7.91: Mapa de Conexión. CE3T7 Puertos

2. Fundamentación

Puertos es el curso de ingeniería portuaria de la línea de Vialidad, Geomática e Ingeniería de Transporte, que extiende los principios de diseño geométrico y de alineamiento desarrollados en Diseño Vial (CE2T5) a la planificación y diseño de instalaciones portuarias marítimas. El curso se abre situando el puerto dentro del sistema nacional y regional de transporte y logística multimodal, luego desarrolla un plan maestro portuario y los criterios de diseño de terminales que de él se derivan. Cubre la hidráulica marítima (mecánica de olas, mareas y corrientes, y condiciones metoceánicas de diseño) que rige todas las decisiones de diseño posteriores, el dragado y el levantamiento batimétrico necesarios para establecer y mantener profundidades navegables, y la investigación geotécnica de sitio requerida para caracterizar las condiciones de cimentación. Sobre esta base, el curso aborda el diseño estructural de las obras exteriores de un puerto (rompeolas y protección costera) y sus obras interiores (muros de atraque, muelles, sistemas de amarre y defensas), la selección y disposición de equipos de manipulación de carga e instalaciones de patio, y las prácticas de operación, seguridad y gestión ambiental que mantienen a un puerto funcionando una vez construido.

3. Objetivos del curso.

- Desarrollar un plan maestro portuario, situando un puerto dentro de un sistema nacional o regional de transporte y logística multimodal y pronosticando la demanda de tráfico de carga y buques.
- Analizar la generación, propagación y transformación de olas, y seleccionar las condiciones metoceánicas de diseño para instalaciones portuarias.
- Procesar datos de levantamiento batimétrico y diseñar canales de acceso y áreas de maniobra, y evaluar datos de investigación de sitio para el diseño de cimentaciones.
- Diseñar rompeolas y obras de protección costera para condiciones de ola especificadas.
- Diseñar muros de atraque, muelles, sistemas de amarre y sistemas de defensas para condiciones especificadas de buque, suelo y carga.
- Seleccionar equipos de manipulación de carga y planificar la disposición de patios y la capacidad de terminales de contenedores para el rendimiento proyectado.
- Analizar la capacidad y el rendimiento de terminales, y evaluar las prácticas de seguridad, protección y gestión ambiental del puerto.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Planificación Portuaria, 14 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2

Tópicos: **I:** Proceso de planificación maestra portuaria **II:** Criterios de selección de sitio para el desarrollo portuario **III:** Planificación de sistemas portuarios dentro de redes logísticas nacionales y regionales **IV:** Pronóstico de la demanda de carga y tráfico de buques

Objetivos de Aprendizaje **I:** Elaborar un plan maestro portuario [Usar] **II:** Evaluar sitios candidatos para el desarrollo portuario [Evaluar] **III:** Describir cómo se inserta un puerto dentro de una red logística nacional o regional [Familiarizarse] **IV:** Pronosticar la demanda de carga y tráfico de buques [Usar]

Bibliografía: [Tsinker, 2004, Agerschou et al., 2004]

5.2 Hidráulica Marítima para Puertos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Análisis de generación, propagación y transformación del oleaje **II:** Caracterización de mareas y corrientes para el diseño portuario **III:** Análisis de agitación portuaria y resonancia (seiche) **IV:** Condiciones metoceánicas de diseño y selección del período de retorno

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar la generación, propagación y transformación del oleaje en un emplazamiento portuario [Usar] **II:** Caracterizar las mareas y corrientes relevantes para el diseño portuario [Familiarizarse] **III:** Evaluar el riesgo de agitación y resonancia portuaria para una disposición propuesta [Evaluar] **IV:** Seleccionar las condiciones metoceánicas de diseño para un período de retorno dado [Usar]

Bibliografía: [U.S. Army Corps of Engineers, 2002]

5.3 Dragado y Batimetría, 2 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de canales de acceso y dársenas de maniobra **II:** Selección de equipos y métodos de dragado **III:** Disposición y reaprovechamiento del material dragado **IV:** Principios de levantamiento batimétrico y procesamiento de datos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar un canal de acceso y una dársena de maniobra para un buque de diseño [Usar] **II:** Seleccionar el equipo y método de dragado apropiados para condiciones de sitio dadas [Evaluar] **III:** Evaluar opciones de disposición y reaprovechamiento del material dragado [Familiarizarse] **IV:** Procesar datos de levantamiento batimétrico para sustentar el diseño del canal [Usar]

Bibliografía: [Agerschou et al., 2004, U.S. Army Corps of Engineers, 1983]

5.4 Rompeolas y Estructuras Costeras, 12 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Fundamentos de diseño de rompeolas **II:** Revestimientos y obras de protección costera **III:** Estabilidad del manto de protección y dimensionamiento de unidades **IV:** Selección entre rompeolas de escollera y rompeolas verticales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar la sección transversal de un rompeolas para condiciones de oleaje especificadas [Usar] **II:** Describir alternativas de revestimiento y protección costera [Familiarizarse] **III:** Dimensionar unidades del manto de protección para estabilidad hidráulica [Usar] **IV:** Seleccionar entre tipos de rompeolas de escollera y verticales para un sitio dado [Evaluar]

Bibliografía: [U.S. Army Corps of Engineers, 2002]

5.5 Diseño de Atraques y Muelles, 16 hr(s)

Competencias: ABET-2,ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de muelles (estructuras de gravedad, tablestacado y pilotes) **II:** Dimensionamiento de atraques para clases de buque de diseño **III:** Sistemas de amarre y disposición de bolardos **IV:** Selección de sistemas de defensas y diseño de absorción de energía

Objetivos de Aprendizaje **I:** Diseñar un muelle para condiciones de suelo y carga especificadas [Evaluar] **II:** Dimensionar un atraque para una clase de buque de diseño [Usar] **III:** Disponer un sistema de amarre y la distribución de bolardos [Usar] **IV:** Especificar un sistema de defensas con base en los requisitos de absorción de energía de atraque [Evaluar]

Bibliografía: [Thoresen, 2018]

5.6 Manipulación de Carga y Diseño de Patios, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Equipos de manipulación de carga (grúas pórtico, grúas de patio, fajas transportadoras) **II:** Disposición de patios y planificación de capacidad de almacenamiento **III:** Diseño de terminal de contenedores y dimensionamiento de rendimiento **IV:** Diseño de instalaciones para carga a granel y carga general

Objetivos de Aprendizaje **I:** Seleccionar equipos de manipulación de carga apropiados para un tipo de carga dado [Familiarizarse] **II:** Planificar la disposición de patios y la capacidad de almacenamiento para el rendimiento proyectado [Usar] **III:** Dimensionar una terminal de contenedores para el rendimiento proyectado [Usar] **IV:** Describir los requisitos de diseño de instalaciones para carga a granel y carga general [Familiarizarse]

Bibliografía: [Thoresen, 2018]

5.7 Operaciones, Seguridad y Gestión Ambiental Portuaria, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Análisis de capacidad y rendimiento de terminal **II:** Integración intermodal con cadenas logísticas terrestres **III:** Seguridad de instalaciones portuarias bajo el Código ISPS **IV:** Gestión ambiental y sostenibilidad portuaria

Objetivos de Aprendizaje **I:** Analizar la capacidad y el rendimiento de una terminal [Evaluar] **II:** Describir la integración intermodal con cadenas logísticas terrestres [Familiarizarse] **III:** Explicar los requisitos de seguridad de instalaciones portuarias bajo el Código ISPS [Familiarizarse] **IV:** Evaluar las prácticas de gestión ambiental y sostenibilidad portuaria [Evaluar]

Bibliografía: [Tsinker, 2004]

6. Bibliografía

[Agerschou et al., 2004] Agerschou, H. et al. (2004). *Planning and Design of Ports and Marine Terminals*. Thomas Telford, 2nd edition.

[Thoresen, 2018] Thoresen, C. A. (2018). *Port Designer's Handbook*. ICE Publishing, 4th edition.

[Tsinker, 2004] Tsinker, G. P. (2004). *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security*. John Wiley & Sons.

[U.S. Army Corps of Engineers, 1983] U.S. Army Corps of Engineers (1983). Hydraulic design of deep-draft navigation projects. Technical Report EM 1110-2-1613, U.S. Army Corps of Engineers.

[U.S. Army Corps of Engineers, 2002] U.S. Army Corps of Engineers (2002). Coastal engineering manual. Technical Report EM 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3T9 Taller de Investigación (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 3 horas; **Práctica**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - BMI201 Metodología de la Investigación en Ingenieria (8vo Sem-Pág 510)
  - CE3T8 Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (8vo Sem-Pág 505)

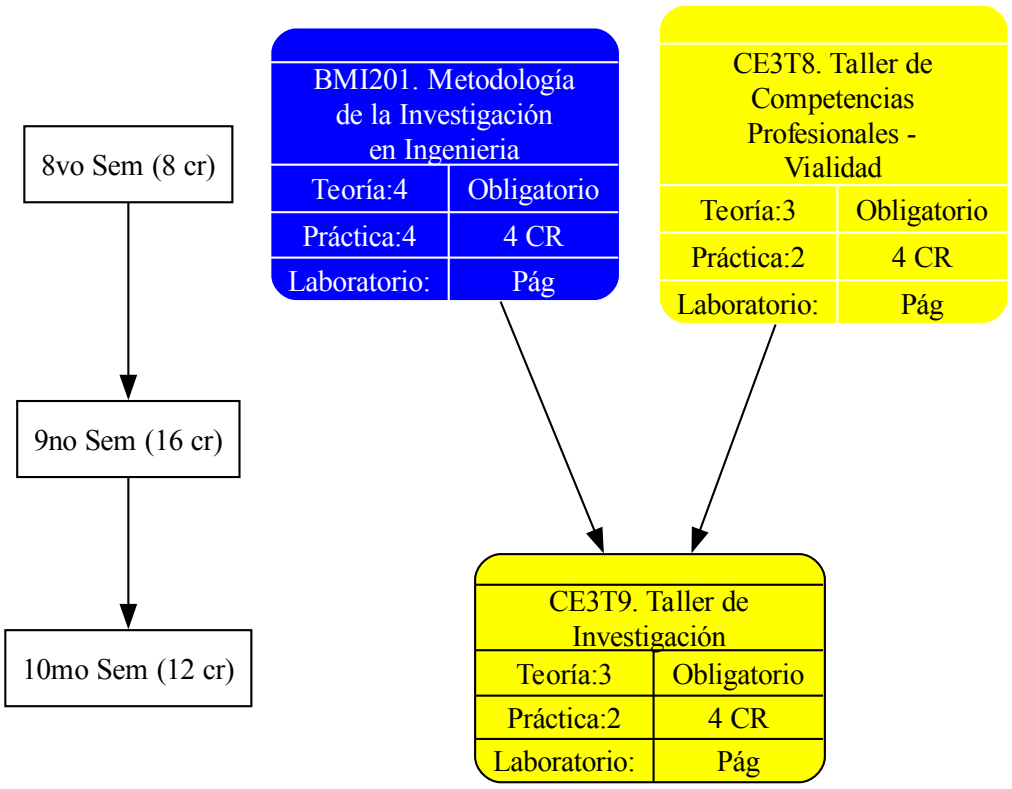


Figura 7.92: Mapa de Conexión. CE3T9 Taller de Investigación

2. Fundamentación

El Taller de Investigación introduce a los estudiantes en los fundamentos de la metodología de investigación en ingeniería en preparación para el trabajo de investigación de nivel de tesis en la línea de Vialidad, Geomática y Transporte (DAVG) de Ingeniería Civil. Partiendo de la metodología establecida en Metodología de la Investigación en Ingeniería (BMI201) y de las competencias profesionales desarrolladas en el Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (CE3T8), los estudiantes aprenden a identificar una idea de investigación y formular un problema de investigación en temas de diseño vial, pavimentos, ingeniería de tránsito y transporte, o geomática; construir el marco teórico y conceptual que sustenta un estudio; formular hipótesis comprobables y operacionalizar las variables

involucradas; seleccionar y justificar un tipo y diseño de investigación apropiado; y recolectar y analizar datos para responder a una pregunta de investigación en ingeniería de transporte o geomática. El curso también refuerza la ética profesional y las habilidades de comunicación técnica requeridas para conducir y difundir la investigación en ingeniería de manera responsable.

3. Objetivos del curso.

- Formular una idea de investigación bien definida y un planteamiento del problema en ingeniería de Vialidad, Geomática o Transporte, basado en una necesidad técnica real.
- Construir un marco teórico mediante revisión sistemática de la literatura y síntesis crítica de investigaciones previas en diseño vial, pavimentos, tránsito, transporte o geomática.
- Formular hipótesis de investigación comprobables y operacionalizar las variables de un estudio en ingeniería de transporte o geomática.
- Seleccionar y justificar un tipo y diseño de investigación apropiado (cuantitativo, cualitativo o mixto) para un problema de investigación dado.
- Recolectar y analizar estadísticamente datos para responder a una pregunta de investigación en ingeniería de Vialidad, Geomática o Transporte.
- Aplicar la ética profesional y producir comunicación técnica clara a lo largo del proceso de investigación.
- Los entregables para este curso son:

  Parcial: Documento de idea de investigación, planteamiento del problema y marco teórico.

  Final: Propuesta de investigación completa que incluya hipótesis, variables, tipo y diseño de investigación, y un plan preliminar de recolección y análisis de datos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Usar)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Diseño de Investigación y Metodologías, 28 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Formulación de preguntas de investigación en arquitectura: descriptivas, relacionales, causales; transformación de problemas de diseño en preguntas investigables **II:** Elección de una metodología de investigación: cuantitativa (prueba de hipótesis, estadística), cualitativa (interpretativa, estudio de caso), métodos mixtos **III:** Validez y fiabilidad en la investigación arquitectónica: validez interna, validez externa (generalizabilidad), validez de constructo **IV:** ética de la investigación en la investigación arquitectónica: consentimiento informado, privacidad (anonimización de los usuarios del edificio) **V:** Investigación de métodos mixtos: diseños secuenciales (cualitativos luego cuantitativos) y concurrentes

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir las principales metodologías de investigación en arquitectura - cuantitativa, cualitativa, métodos mixtos, basada en la práctica - y explicar sus aplicaciones apropiadas [Familiarizarse] **II:** Desarrollar un diseño de investigación para una investigación arquitectónica, incluyendo la pregunta de investigación, la revisión de la literatura [Usar] **III:** Evaluar el diseño de investigación de un estudio arquitectónico publicado por su validez, fiabilidad y solidez ética, identificando fortalezas y debilidades metodológicas [Evaluar]

Bibliografía: [Creswell, 2018, Leedy and Ormrod, 2019]

5.2 Marco Teórico y Revisión de la Literatura, 16 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Búsqueda sistemática de literatura científica y técnica: bases de datos especializadas (Scopus, Web of Science, ASCE Library), palabras clave y operadores booleanos **II:** Lectura crítica y síntesis de artículos científicos, normas técnicas e informes de investigación previos **III:** Construcción del marco conceptual y teórico: definición de conceptos clave, relaciones entre variables y modelos teóricos de referencia **IV:** Identificación de vacíos de conocimiento (research gap) y justificación de la originalidad del aporte propuesto **V:** Gestión de referencias bibliográficas y normas de citación (APA, IEEE) con herramientas como Zotero o Mendeley

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar la estructura y el propósito de un marco teórico dentro de un proyecto de investigación en ingeniería civil [Familiarizarse] **II:** Realizar una búsqueda sistemática de literatura científica y técnica sobre un tema de investigación elegido, usando bases de datos especializadas [Usar] **III:** Sintetizar el estado del arte de un tema de investigación en un marco teórico coherente que identifique un vacío de conocimiento [Evaluar]

Bibliografía: [Booth et al., 2016, Creswell, 2018]

5.3 Hipótesis y Variables de la Investigación, 16 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Tipos de hipótesis: nula, alternativa, direccional y no direccional, y su relación con las preguntas de investigación **II:** Clasificación de variables: independientes, dependientes, de control y de confusión (confounding) **III:** Operacionalización de variables: definición de indicadores medibles y escalas de medición (nominal, ordinal, intervalo, razón) **IV:** Relación entre hipótesis, variables y pruebas estadísticas de contraste: nivel de significancia, error tipo I y tipo II **V:** Representación gráfica de la relación entre variables mediante modelos conceptuales u operacionales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Distinguir entre hipótesis nula y alternativa, y entre variables independientes, dependientes y de control, en un problema de investigación de ingeniería civil [Familiarizarse] **II:** Formular una hipótesis de investigación comprobable y operacionalizar sus variables para un problema específico del área de especialización elegida [Usar] **III:** Evaluar la consistencia entre el marco teórico, la hipótesis planteada y el diseño de recolección de datos propuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Montgomery and Runger, 2018, Kumar, 2019]

5.4 Métodos Cuantitativos en la Investigación Arquitectónica, 12 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: **I:** Diseño de encuestas para la investigación arquitectónica: métodos de muestreo (probabilístico, de conveniencia), diseño del cuestionario (escalas Likert, diferencial semántico) **II:** Diseños experimentales: experimentos verdaderos (asignación aleatoria, grupo de control), cuasi-experimentos (no aleatorizados, pre-post, series temporales) **III:** Estadística descriptiva: medidas de tendencia central (media, mediana, moda), dispersión (desviación estándar, rango, rango intercuartil) **IV:** Estadística inferencial: prueba de hipótesis (t-test, ANOVA, chi-cuadrado), correlación y regresión (lineal, múltiple) e interpretación de los valores p **V:** Instrumentación para la recopilación de datos cuantitativos: sensores ambientales (temperatura, luz, CO_2), contadores de ocupación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los principales métodos cuantitativos en la investigación arquitectónica - encuestas, experimentos, cuasi-experimentos - [Familiarizarse] **II:** Diseñar una encuesta o un experimento para probar una hipótesis sobre el efecto de una variable de diseño (iluminación, color, distribución) en la satisfacción del usuario [Usar] **III:** Evaluar un estudio

arquitectónico cuantitativo por la validez del muestreo, la idoneidad del análisis estadístico y la interpretación correcta de los valores p [Evaluar]

Bibliografía: [Montgomery and Runger, 2018, Creswell, 2018]

5.5 ética en Ingeniería y Responsabilidad Profesional, 4 hr(s)

Competencias: ABET-4

Tópicos: **I:** Teorías éticas: utilitarismo, ética del deber, ética de la virtud **II:** Códigos de conducta profesional (p. ej., ASCE, NSPE) y sus cánones fundamentales **III:** Responsabilidad primordial del ingeniero con la seguridad, salud y bienestar públicos **IV:** Dilemas éticos en la práctica: conflictos de interés, denuncia de irregularidades, obsequios **V:** Marcos de toma de decisiones éticas y análisis de casos de estudio **VI:** ética global en ingeniería y desafíos interculturales **VII:** Obligaciones éticas para el desarrollo sostenible y la gestión ambiental **VIII:** Implicaciones éticas de tecnologías emergentes (IA, automatización, privacidad de datos) **IX:** Conducta ética en resolución de disputas y litigios

Objetivos de Aprendizaje **I:** Explicar los principios fundamentales del código de ética del ingeniero [Familiarizarse] **II:** Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un escenario hipotético de ingeniería [Evaluar] **III:** Identificar conflictos de interés y otras trampas éticas comunes en el trabajo de proyectos [Familiarizarse] **IV:** Analizar un caso histórico de falla de ingeniería desde una perspectiva ética [Evaluar] **V:** Evaluar las dimensiones éticas de un proyecto con impactos sociales o ambientales significativos en un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Articular el argumento ético para incorporar la sostenibilidad en todo el trabajo de ingeniería [Familiarizarse] **VII:** Discutir las responsabilidades éticas relacionadas con la recolección y uso de datos en proyectos de infraestructura inteligente [Evaluar] **VIII:** Describir el papel de la ética en los procesos de resolución alternativa de disputas [Familiarizarse]

Bibliografía: [Harris et al., 2013, Fleddermann, 2020]

5.6 Comunicación Escrita y Redacción Técnica, 3 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Análisis de audiencia y adaptación del contenido técnico **II:** Comunicación escrita: informes técnicos, memorandos, correos electrónicos y especificaciones **III:** Comunicación visual: gráficos, diagramas y diseño efectivo de diapositivas

Objetivos de Aprendizaje **I:** Escribir un informe técnico claro, conciso y bien organizado sobre un experimento de laboratorio o proyecto de diseño [Usar] **II:** Crear gráficos y diagramas efectivos para presentar datos de ingeniería [Evaluar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.7 Presentación Oral y Comunicación Profesional, 3 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Presentaciones orales: estructura, técnicas de entrega y manejo de preguntas y respuestas **II:** Redacción de propuestas: enfoque técnico, plan de gestión y estimación de costos **III:** Resúmenes ejecutivos y comunicación con stakeholders no técnicos

Objetivos de Aprendizaje **I:** Entregar una presentación oral estructurada sobre un tema técnico usando ayudas visuales apropiadas [Usar] **II:** Esquematizar las secciones clave de una propuesta de ingeniería competitiva [Familiarizarse] **III:** Desarrollar un resumen ejecutivo que transmita hallazgos clave del proyecto a una audiencia de alta gerencia [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

5.8 Comunicación Digital y Colaborativa, 2 hr(s)

Competencias: ABET-3

Tópicos: **I:** Redacción colaborativa y gestión de documentos en entornos de equipo **II:** Comunicación digital: contenido web, pautas de redes sociales para ingenieros **III:** Comunicación persuasiva y técnicas de negociación

Objetivos de Aprendizaje **I:** Gestionar un documento colaborativo (p. ej., en Google Docs o SharePoint) para un proyecto de equipo [Evaluar] **II:** Explicar los riesgos y oportunidades profesionales asociados con ingenieros que usan redes sociales [Familiarizarse] **III:** Emplear tácticas básicas de negociación para resolver un conflicto simulado sobre el alcance del proyecto [Usar]

Bibliografía: [Gurak and Lannon, 2013]

6. Bibliografía

[Booth et al., 2016] Booth, W. C., Colomb, G. G., and Williams, J. M. (2016). *The Craft of Research*. University of Chicago Press, 4th edition.

[Creswell, 2018] Creswell, J. W. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, 5th edition.

[Fleddermann, 2020] Fleddermann, C. B. (2020). *Engineering Ethics*. Pearson, 5th edition.

[Gurak and Lannon, 2013] Gurak, L. J. and Lannon, J. M. (2013). *A Concise Guide to Technical Communication*. Pearson, 4th edition.

[Harris et al., 2013] Harris, C. E., Pritchard, M. S., and Rabins, M. J. (2013). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Cengage Learning, 6th edition.

[Kumar, 2019] Kumar, R. (2019). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners*. SAGE Publications, 5th edition.

[Leedy and Ormrod, 2019] Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. (2019). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson, 12th edition.

[Montgomery and Runger, 2018] Montgomery, D. C. and Runger, G. C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Wiley, 7th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE403 Proyecto de final de carrera II (Obligatorio)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 4 horas; **Práctica**: 4 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE402 Proyecto de final de carrera I (9no Sem-Pág 575)

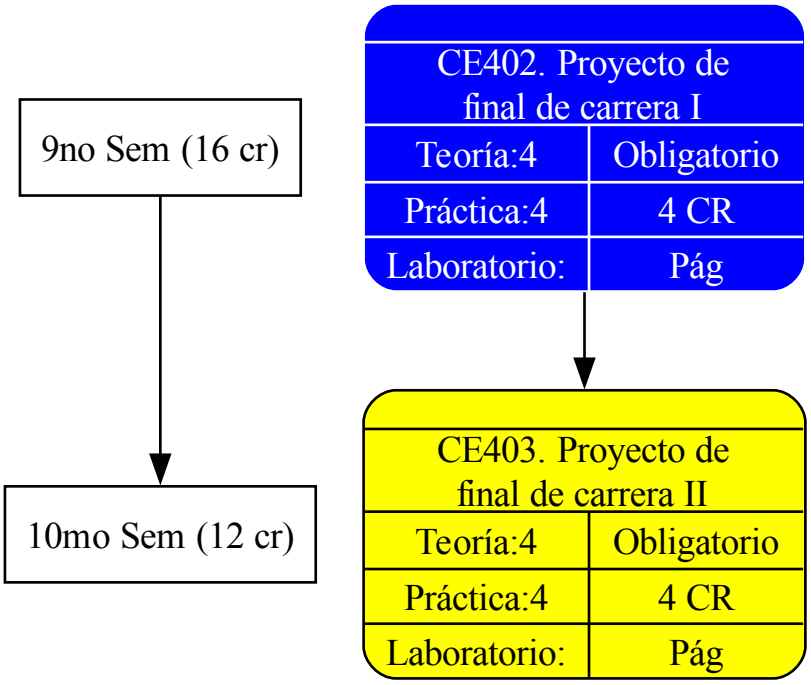


Figura 7.93: Mapa de Conexión. CE403 Proyecto de final de carrera II

2. Fundamentación

Este curso tiene por objetivo que el alumno desarrolle su propuesta técnica y sus experimentos en base al estado del arte ya levantado previamente. Es la etapa de consolidación donde se define el aporte original o la aplicación novedosa de la ingeniería civil que dará lugar a su tesis profesional.

3. Objetivos del curso.

- Que el alumno esté en la capacidad de presentar formalmente su proyecto de tesis con el marco teórico y levantamiento bibliográfico completo.
- Que el alumno desarrolle su propuesta de investigación (metodología, diseño experimental o modelamiento).
- Los entregables de este curso son:

  Avance parcial: Plan de tesis detallado que incluye motivación, definición del problema, objetivos, cronograma y avances de la propuesta técnica (uso/mejora de métodos existentes).

Final: Plan de tesis en etapa avanzada y borrador de tesis incluyendo capítulos de propuesta y resultados experimentales preliminares.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Evaluar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Evaluar)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Evaluar)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Evaluar)

ABET-5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos. (Evaluar)

5. Contenido

5.1 Proyecto de Tesis, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-3,ABET-4,ABET-5

Tópicos: I: Estructuración formal del Proyecto de Tesis. **II:** Definición de la metodología de investigación aplicada.

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar el formato institucional para el plan de tesis [Evaluar]. **II:** Concluir el plan del proyecto de tesis con objetivos medibles [Evaluar]. **III:** Presentar el estado del arte del tema de tesis al 50 % [Evaluar].

Bibliografía: [Yin, 2018, Meredith, 1993]

5.2 Avance de Tesis, 30 hr(s)

Competencias: ABET-1,ABET-2,ABET-3,ABET-4,ABET-5

Tópicos: I: Desarrollo de la propuesta técnica. **II:** Ejecución de ensayos o simulaciones numéricas.

Objetivos de Aprendizaje I: Dominar el formato de tesis de la Universidad utilizando LaTeX [Evaluar]. **II:** Concluir el capítulo del Marco Teórico y Trabajos Relacionados [Evaluar]. **III:** Presentar resultados (formales o estadísticos) de experimentos orientados a su tema de tesis [Evaluar].

Bibliografía: [ASTM, 2021]

6. Bibliografía

[ASTM, 2021] ASTM (2021). *Form and Style for ASTM Standards*. ASTM International.

[Meredith, 1993] Meredith, J. (1993). Theory building through conceptual methods. *International Journal of Operations & Production Management*.

[Yin, 2018] Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. SAGE Publications, 6th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE2C7 Organización y Dirección de Empresas (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C8 Gestión Empresarial en la Construcción I (8vo Sem-Pág 465)

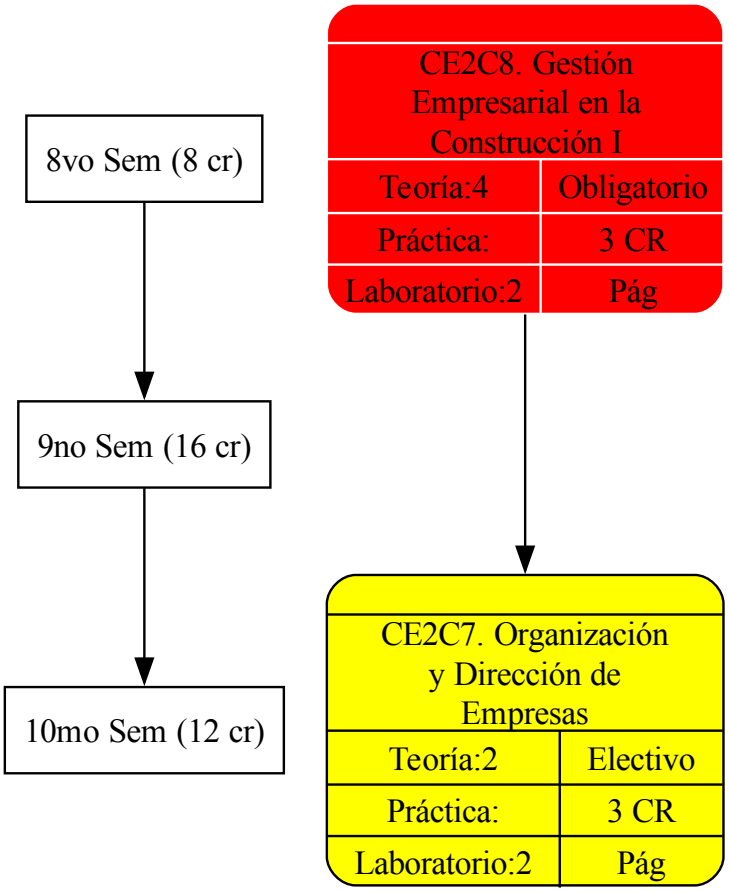


Figura 7.94: Mapa de Conexión. CE2C7 Organización y Dirección de Empresas

2. Fundamentación

Organización y Dirección de Empresas introduce los fundamentos de la administración de empresas: tipos y estructura empresarial, dirección y liderazgo, organización y comportamiento organizacional, logística, contabilidad, producción y mercadeo, como base para la gestión de empresas constructoras.

3. Objetivos del curso.

- Distinguir los tipos y estructuras de empresa y sus implicancias legales.

- Aplicar principios de organización, dirección y liderazgo a una empresa.
- Comprender los procesos de logística, contabilidad, producción y mercadeo de una empresa.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

ABET-6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones. (Usar)

5. Contenido

5.1 Comportamiento Organizacional, 8 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Teorías de motivación: jerarquía de Maslow, teoría bifactorial de Herzberg, teoría de expectativas y teoría de la autodeterminación **II:** Formación de equipos, roles grupales, cohesión, diversidad y desempeño en entornos organizacionales **III:** Cultura organizacional: dimensiones, formación, cambio cultural e impacto en el desempeño **IV:** Fuentes de conflicto organizacional, estrategias de resolución de conflictos y fundamentos de la negociación

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las principales teorías de motivación y sus implicaciones para la práctica gerencial [Familiarizarse] **II:** Analizar la dinámica de equipos y los factores culturales que afectan el desempeño organizacional [Usar] **III:** Diseñar una intervención para abordar un desafío específico de comportamiento organizacional [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

5.2 Derecho de Entidades Empresariales, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Formas legales: empresa unipersonal, sociedad colectiva y limitada, SRL y sociedad anónima; responsabilidad y tributación comparadas **II:** Constitución de sociedades anónimas, estatutos sociales, derechos de los accionistas y deberes del directorio (deber de cuidado y lealtad) **III:** Relaciones de agencia en los negocios: autoridad real y aparente, deberes del principal y el agente, y responsabilidad vicarial **IV:** Fusiones, adquisiciones y disolución: proceso legal, aprobación de accionistas, due diligence y procedimientos de liquidación

Objetivos de Aprendizaje I: Comparar las características de responsabilidad, tributación y gobierno de las diferentes formas de entidad empresarial [Familiarizarse] **II:** Analizar las implicaciones legales de una transacción empresarial desde la perspectiva del derecho de agencia [Usar] **III:** Seleccionar la forma legal de entidad apropiada para un nuevo emprendimiento, justificando la elección en términos legales y estratégicos [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

5.3 Gestión Estratégica, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Análisis externo e interno usando los marcos PESTEL, las Cinco Fuerzas de Porter y el análisis FODA **II:** Estrategias genéricas (liderazgo en costos, diferenciación, enfoque) y su aplicación al posicionamiento competitivo **III:** Implementación de la estrategia: alineación organizacional, cuadro de mando integral y sistemas de gestión del desempeño **IV:** Estrategia corporativa: diversificación, integración vertical, fusiones y adquisiciones, y gestión de portafolio

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir el proceso de gestión estratégica y el papel del análisis del entorno en la formulación de la estrategia [Familiarizarse] **II:** Aplicar marcos de estrategia competitiva para analizar la posición estratégica de una organización real [Usar] **III:** Evaluar la coherencia y viabilidad de una estrategia corporativa usando marcos analíticos [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

5.4 Diseño y Validación del Modelo de Negocio, 6 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Lienzo del Modelo de Negocio: nueve bloques constructivos (segmentos de clientes, propuestas de valor, canales, flujos de ingresos, recursos clave, actividades clave **II:** Descubrimiento y validación del cliente: entrevistas de problema, entrevistas de solución y decisiones de pivotar vs. perseverar **III:** Producto mínimo viable (PMV): principios de diseño, experimentación lean y el ciclo de retroalimentación construir-medir-aprender **IV:** Modelos de negocio de plataforma y efectos de red: plataformas multilaterales, dinámicas de "el ganador se lo lleva todo" y estrategias de monetización para plataformas digitales

Objetivos de Aprendizaje **I:** Describir los componentes del Lienzo del Modelo de Negocio y explicar cómo interactúan para crear y entregar valor [Familiarizarse] **II:** Diseñar un lienzo de modelo de negocio para una idea de emprendimiento e identificar los supuestos clave a validar [Usar] **III:** Evaluar el modelo de negocio de una startup en cuanto a coherencia interna y viabilidad de mercado [Evaluar]

Bibliografía: [Osterwalder and Pigneur, 2010]

5.5 Teoría y Práctica del Liderazgo, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Teorías del liderazgo: rasgos, conductuales (Ohio State, Michigan), situacional (Hersey-Blanchard) y de contingencia (Fiedler) **II:** Liderazgo transformacional y transaccional: visión, inspiración, estimulación intelectual y consideración individualizada **III:** Dimensiones de la inteligencia emocional (autoconciencia, empatía, habilidades sociales) y su relevancia para la efectividad del liderazgo **IV:** Liderazgo ético y de servicio: el líder como custodio, coraje moral, toma de decisiones basada en valores y orientación al servicio comunitario

Objetivos de Aprendizaje **I:** Comparar las principales teorías del liderazgo e identificar las condiciones contextuales que favorecen cada enfoque [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios del liderazgo situacional para diagnosticar el comportamiento del líder apropiado para un contexto de equipo dado [Usar] **III:** Evaluar la efectividad de un líder usando múltiples perspectivas teóricas, incluidos los criterios de liderazgo transformacional y ético [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

5.6 Gestión de Inventarios y Logística, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Cantidad económica de pedido (EOQ): derivación, supuestos, extensiones y minimización del costo total de inventario **II:** Modelos de punto de reorden, cálculo del stock de seguridad y determinación del nivel de servicio bajo incertidumbre de demanda **III:** Gestión logística: modos de transporte, almacenamiento, diseño de redes de distribución y proveedores logísticos

terceros (3PL) **IV:** Clasificación ABC de inventarios: principio de Pareto aplicado al valor del inventario, política de conteo cíclico y estrategias de control selectivo

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar las compensaciones entre los costos de pedido y los costos de mantenimiento en la gestión de inventarios [Familiarizarse] **II:** Calcular el EOQ, los puntos de reorden y el stock de seguridad para un producto con parámetros de demanda especificados [Usar] **III:** Evaluar el desempeño de inventarios y logística de una cadena de suministro y recomendar mejoras [Evaluar]

Bibliografía: [Heizer et al., 2020]

5.7 Contabilidad Financiera e Información, 4 hr(s)

Competencias: ABET-6

Tópicos: I: Ecuación contable (Activos = Pasivos + Patrimonio), partida doble y el plan de cuentas **II:** El ciclo contable: registro en el diario, mayorización, balance de comprobación, ajustes, cierre y preparación de estados financieros **III:** Estado de resultados, balance general, estado de flujos de efectivo y estado de cambios en el patrimonio: estructura y contenido **IV:** Análisis de ratios e interpretación de estados financieros: ratios de liquidez, solvencia, rentabilidad y eficiencia para la toma de decisiones

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar la ecuación contable y la lógica de la partida doble [Familiarizarse] **II:** Preparar asientos de diario y estados financieros básicos para una entidad empresarial simple [Usar] **III:** Analizar la situación financiera y el desempeño de una empresa usando sus estados financieros [Evaluar]

Bibliografía: [Weygandt et al., 2018]

5.8 Estrategia de Operaciones y Diseño de Procesos, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Prioridades competitivas en operaciones: costo, calidad, velocidad, flexibilidad y confiabilidad **II:** Tipos de proceso: taller de trabajo, por lotes, línea de ensamblaje y flujo continuo; selección de proceso y la matriz producto-proceso **III:** Medición de la capacidad, estrategias de planificación de la capacidad (anticipada, retrasada, igualada) y análisis de cuellos de botella **IV:** Tipos de distribución de instalaciones (por producto, por proceso, posición fija, celular) y medidas de eficiencia de distribución

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las principales prioridades competitivas en operaciones y explicar cómo la selección del tipo de proceso refleja los objetivos estratégicos [Familiarizarse] **II:** Aplicar métodos de planificación de la capacidad y análisis de cuellos de botella para mejorar el flujo en un sistema de producción [Usar] **III:** Diseñar una distribución de instalaciones para un entorno de producción especificado y evaluar su eficiencia [Evaluar]

Bibliografía: [Heizer et al., 2020]

5.9 Estrategia de Mezcla de Marketing, 4 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Decisiones de producto: mezcla de productos, ciclo de vida del producto, desarrollo de nuevos productos y empaque **II:** Métodos de fijación de precios: basado en costos, en la competencia, en el valor y precios dinámicos; elasticidad precio **III:** Diseño de canales de distribución: canales directos e indirectos, conflictos de canal, logística y comercio omnicanal **IV:** Comunicaciones integradas de marketing: publicidad, promoción de ventas, relaciones públicas, venta personal y marketing directo

Objetivos de Aprendizaje I: Identificar los componentes de la mezcla de marketing y explicar cómo se integran para crear valor para el cliente [Familiarizarse] **II:** Aplicar estrategias de precios y canales a una combinación específica de producto y mercado [Usar] **III:** Diseñar un plan de comunicaciones integradas de marketing alineado con una estrategia de marketing dada [Evaluar]

Bibliografía: [Kotler and Armstrong, 2016]

5.10 Gestión de Recursos Humanos, 6 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Planeamiento de personal, análisis de puestos, canales de reclutamiento y métodos de selección (entrevistas, pruebas, centros de evaluación) **II:** Estructuras de compensación (sueldo base, incentivos, beneficios) y métodos de evaluación del desempeño **III:** Evaluación de necesidades de capacitación, inducción, desarrollo de carrera y planeamiento de sucesión **IV:** Control documentario y gestión de registros: sistemas de archivo, control de correspondencia, trazabilidad/versionado de documentos y políticas de retención que sostienen las funciones de RRHH y administrativas

Objetivos de Aprendizaje I: Describir las funciones centrales de RRHH de reclutamiento, compensación y capacitación dentro de una organización [Familiarizarse] **II:** Diseñar un proceso de reclutamiento y selección para un puesto y contexto organizacional específicos [Usar] **III:** Evaluar las prácticas de control documentario y gestión de registros de una organización frente a las mejores prácticas administrativas [Evaluar]

Bibliografía: [DeCenzo et al., 2019]

5.11 Gobierno Corporativo, 4 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: I: Teoría de agencia: problema principal-agente, asimetría de información, riesgo moral y mecanismos de alineación **II:** Consejo de administración: composición, independencia, comités, deberes fiduciarios y efectividad del consejo **III:** Códigos y regulación de gobierno corporativo: Sarbanes-Oxley, Principios de la OCDE y requisitos de informes ESG **IV:** Modelos de gobierno ESG y de partes interesadas: criterios ambientales, sociales y de gobierno, evaluación de materialidad y rendición de cuentas multi-stakeholder

Objetivos de Aprendizaje I: Explicar el problema de agencia y los mecanismos de gobierno diseñados para alinear los intereses gerenciales y de los accionistas [Familiarizarse] **II:** Analizar la estructura de gobierno de una corporación e identificar posibles debilidades [Usar] **III:** Evaluar las prácticas de gobierno corporativo de una organización frente a estándares de mejores prácticas [Evaluar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

6. Bibliografía

[DeCenzo et al., 2019] DeCenzo, D. A., Robbins, S. P., and Verhulst, S. L. (2019). *Fundamentals of Human Resource Management*. Wiley, 13th edition.

[Heizer et al., 2020] Heizer, J., Render, B., and Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson, 13th edition.

[Kotler and Armstrong, 2016] Kotler, P. and Armstrong, G. (2016). *Principles of Marketing*. Pearson, 16th edition.

[Osterwalder and Pigneur, 2010] Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. Wiley, 1st edition.

[Robbins and Coulter, 2017] Robbins, S. P. and Coulter, M. (2017). *Management*. Pearson, 14th edition.

[Weygandt et al., 2018] Weygandt, J. J., Kimmel, P. D., and Kieso, D. E. (2018). *Financial Accounting*. Wiley, 10th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 4
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 2 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE3C5 Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (9no Sem-Pág 534)

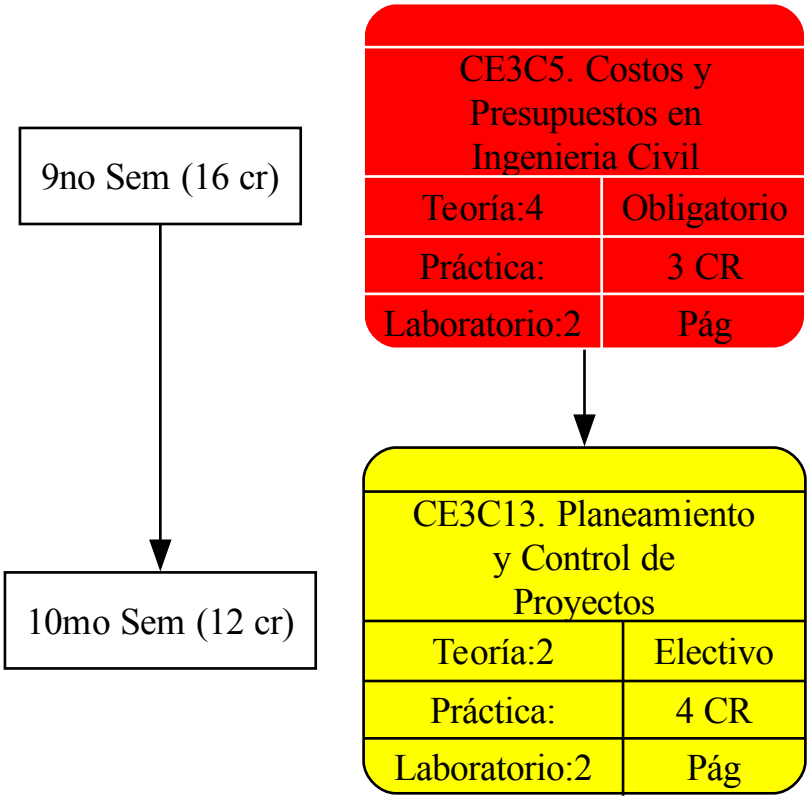


Figura 7.95: Mapa de Conexión. CE3C13 Planeamiento y Control de Proyectos

2. Fundamentación

Planeamiento y Control de Proyectos introduce el planeamiento estratégico y los planes de gestión según la guía PMBOK, la planificación, programación y control de proyectos mediante el método de la ruta crítica (CPM) y modelación 4D/5D, las filosofías de gestión y control de proyectos, y las habilidades blandas y directivas necesarias para liderar equipos de proyecto.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar el planeamiento estratégico y los planes de gestión según la guía PMBOK a un proyecto de construcción.

- Planificar, programar y controlar un proyecto mediante el método de la ruta crítica (CPM) y herramientas de modelación 4D/5D.
- Aplicar filosofías de gestión al control de proyectos de construcción.
- Desarrollar habilidades blandas y directivas de comunicación, liderazgo, trabajo en equipo y resolución de conflictos.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usar)

5. Contenido

5.1 Principios de Planificación, 16 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** La planificación como actividad continua e iterativa a lo largo del ciclo de vida del proyecto **II:** Planificación suficiente: equilibrar el detalle con la flexibilidad basándose en la incertidumbre **III:** Relación entre la profundidad de la planificación y el enfoque de desarrollo seleccionado **IV:** Planificación adaptativa: ola progresiva, elaboración progresiva y refinamiento iterativo

Objetivos de Aprendizaje I: Describir los principios de la planificación iterativa y suficiente en el PMBoK 7.ª edición [Familiarizarse] **II:** Aplicar los principios de planificación adaptativa a un proyecto con alta incertidumbre y requisitos evolutivos [Evaluar] **III:** Evaluate whether a project's planning approach provides sufficient detail and flexibility for its uncertainty level [Evaluar]

Bibliografía: [Institute, 2021]

5.2 Planificación, Programación y Control de Proyectos (CPM, 4D/5D), 16 hr(s)

Competencias: ABET-2

Tópicos: **I:** Desarrollo de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y definición de actividades **II:** Diagramación de redes: actividad en el nodo (AON) y método de diagramación de precedencias (PDM) **III:** Método de la Ruta Crítica (CPM) para cálculo de cronogramas: recorrido hacia adelante/atrás, holguras **IV:** Técnicas de asignación, carga y nivelación de recursos **V:** Actualización, monitoreo y control del cronograma usando gestión del valor ganado (EVM) **VI:** Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) para análisis de riesgo del cronograma **VII:** Programación por Línea de Balance (LOB) para proyectos repetitivos **VIII:** Programación 4D (tiempo + modelo 3D) para visualización y detección de interferencias **IX:** Programación 5D (tiempo + costo + modelo 3D) para control integrado de costos

Objetivos de Aprendizaje I: Desarrollar una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) para un proyecto de construcción de mediana escala [Usar] **II:** Construir un diagrama de red del CPM y calcular la ruta crítica y las holguras de las actividades [Evaluar] **III:** Realizar nivelación de recursos en un cronograma de proyecto simple para minimizar las fluctuaciones de recursos [Usar] **IV:** Monitorear el progreso del proyecto usando la variación del cronograma (SV) y la variación del costo (CV) a partir de datos del valor ganado [Evaluar] **V:** Aplicar PERT para estimar probabilidades de duración del proyecto e identificar riesgos del cronograma [Evaluar] **VI:** Crear un cronograma de Línea de Balance (LOB) para un proyecto de vivienda repetitivo [Usar] **VII:** Generar una simulación 4D para visualizar la secuencia de construcción e identificar conflictos espaciales [Usar] **VIII:** Integrar datos de costo con un modelo 3D para realizar un análisis 5D para el seguimiento del presupuesto [Evaluar]

Bibliografía: [Callahan et al., 1992]

5.3 Construcción Lean y Entrega Integrada de Proyectos (IPD), 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Principios del pensamiento lean: valor, flujo de valor, flujo, pull, perfección **II:** Identificación y eliminación de los ocho desperdicios en la construcción **III:** Sistema del Último Planificador (LPS) para planificación y control de la producción **IV:** Herramientas de gestión visual: 5S, Kanban y Andon **V:** Principios de la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) y acuerdos multipartes **VI:** Entrega de Valor Objetivo (TVD) y Diseño Basado en Conjuntos **VII:** Tecnologías de colaboración y co-localización en "Big Room" **VIII:** Medición del desempeño: Porcentaje de Plan Completado (PPC), Takt time **IX:** Cambio cultural y estrategias de implementación para la transformación lean

Objetivos de Aprendizaje I: Definir los siete (u ocho) tipos de desperdicio (Muda) en un contexto de construcción [Familiarizarse] **II:** Aplicar el Sistema del Último Planificador para desarrollar un plan semanal de trabajo confiable [Usar] **III:** Identificar oportunidades para aplicar gestión visual (5S) en un sitio de construcción [Evaluar] **IV:** Explicar cómo la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) alinea objetivos y comparte riesgos entre las partes interesadas del proyecto [Familiarizarse] **V:** Usar los principios de la Entrega de Valor Objetivo para guiar decisiones de diseño dentro de un objetivo de costo [Evaluar] **VI:** Facilitar una sesión de planificación colaborativa pull con múltiples oficios [Usar] **VII:** Calcular e interpretar el Porcentaje de Plan Completado (PPC) como una métrica de desempeño lean [Evaluar] **VIII:** Desarrollar un plan básico de implementación para introducir prácticas lean a un equipo de proyecto [Evaluar]

Bibliografía: [Ballard, 2000]

5.4 Liderazgo, Dinámicas de Equipo y Gestión de Stakeholders, 12 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: I: Estilos de liderazgo, rasgos y la diferencia entre liderazgo y gestión **II:** Dinámicas de equipo: etapas de formación, conflicto, normalización y desempeño y roles **III:** Estrategias de resolución de conflictos y negociación **IV:** Identificación, análisis y planificación de involucramiento de stakeholders **V:** Teorías de motivación y su aplicación a equipos de ingeniería **VI:** Inteligencia cultural y liderazgo de equipos diversos y globales **VII:** Gestión del cambio y liderazgo de transformación organizacional **VIII:** Inteligencia emocional y su papel en el liderazgo efectivo **IX:** Liderazgo ético y creación de una cultura organizacional ética

Objetivos de Aprendizaje I: Describir diferentes estilos de liderazgo e identificar situaciones donde cada uno podría ser efectivo [Familiarizarse] **II:** Diagnosticar la etapa de desarrollo de un equipo de proyecto y proponer intervenciones apropiadas [Evaluar] **III:** Resolver un conflicto interpersonal simulado dentro de un equipo de proyecto usando un enfoque estructurado [Usar] **IV:** Desarrollar un plan de involucramiento de stakeholders para un proyecto con oposición comunitaria [Evaluar] **V:** Adaptar el enfoque de comunicación y liderazgo al trabajar con un equipo de un contexto cultural diferente [Evaluar] **VI:** Explicar los pasos clave en un proceso de gestión del cambio para implementar una nueva tecnología [Familiarizarse] **VII:** Evaluar la inteligencia emocional propia e identificar áreas de desarrollo [Evaluar] **VIII:** Modelar comportamiento de liderazgo ético en una simulación de proyecto basado en equipo [Usar]

Bibliografía: [Robbins and Coulter, 2017]

6. Bibliografía

[Ballard, 2000] Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. *PhD Thesis, University of Birmingham.*

[Callahan et al., 1992] Callahan, M. T., Quackenbush, D. G., and Rowings, J. E. (1992). *Construction Project Scheduling*. McGraw-Hill.

[Institute, 2021] Institute, P. M. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Project Management Institute, 7th edition.

[Robbins and Coulter, 2017] Robbins, S. P. and Coulter, M. (2017). *Management*. Pearson, 14th edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Facultad de Ingeniería Civil
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente (Electivo)

1. Información general

- **Semestre**: 10mo Sem. **Créditos**: 3
- **Horas del curso**: **Teoría**: 2 horas; **Laboratorio**: 1 horas;
- **Prerrequisitos**:
  - CE2C1 Tecnología de los Materiales (3er Sem-Pág 346)
  - CE2C2 Tecnología de la Construcción I (8vo Sem-Pág 461)

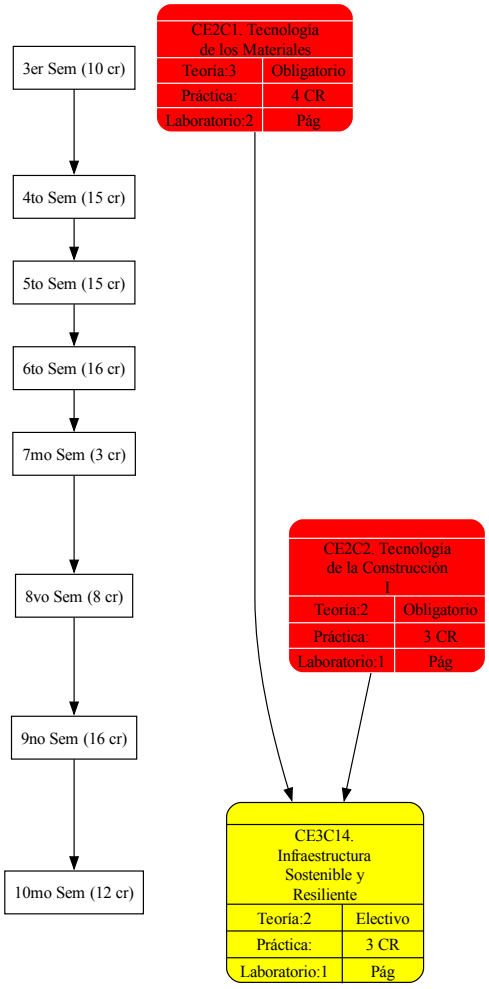


Figura 7.96: Mapa de Conexión. CE3C14 Infraestructura Sostenible y Resiliente

2. Fundamentación

Infraestructura Sostenible cubre los principios, la planificación, el diseño, los materiales y la gestión de infraestructura sostenible: la triple línea base, el pensamiento de ciclo de vida, la eficiencia de recursos, la economía circular, y las dimensiones social, económica y de gobernanza de los proyectos de infraestructura sostenible.

3. Objetivos del curso.

- Aplicar los principios de la infraestructura sostenible a la planificación, el diseño, los materiales y la operación de proyectos de construcción.
- Evaluar el desempeño sostenible de un proyecto de infraestructura y su gobernanza.

4. Competencias Generales (*Outcomes*)

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. (Usar)

5. Contenido

5.1 Principios Fundamentales de Sostenibilidad y Triple Resultado, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Marco de triple resultado (TBL) y métricas de sostenibilidad **II:** Pensamiento de ciclo de vida y análisis de etapas para proyectos de infraestructura **III:** Diseño regenerativo y objetivos de impacto neto positivo

Objetivos de Aprendizaje **I:** Definir los tres pilares del triple resultado y dar un ejemplo relacionado con infraestructura para cada uno [Familiarizarse] **II:** Aplicar el pensamiento de ciclo de vida para comparar los impactos a largo plazo de dos materiales alternativos para pavimentación [Evaluar] **III:** Desarrollar un objetivo de proyecto para lograr un impacto ambiental neto positivo [Evaluar]

Bibliografía: [Kibert, 2016]

5.2 Eficiencia de Recursos y Economía Circular, 15 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Eficiencia de recursos: minimización del consumo de energía, agua y materiales **II:** Principios de economía circular: reducir, reutilizar, reciclar, recuperar (R4) **III:** Adquisición sostenible y gestión de la cadena de suministro

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular la energía incorporada o la huella hídrica de un componente estructural simple [Usar] **II:** Explicar cómo se pueden aplicar los principios de economía circular a los residuos de construcción y demolición [Familiarizarse]

Bibliografía: [Kibert, 2016]

5.3 Dimensiones Social, Económica y de Gobernanza de la Infraestructura Sostenible, 16 hr(s)

Competencias: ABET-1

Tópicos: **I:** Sostenibilidad social: equidad, accesibilidad y bienestar comunitario **II:** Sostenibilidad económica: costo de ciclo de vida y costo total de propiedad **III:** Marcos políticos y sistemas de clasificación verde (p. ej., Envision, LEED para Infraestructura)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Evaluar las implicaciones de equidad social de un proyecto de transporte propuesto [Evaluar] **II:** Realizar un análisis de costo de ciclo de vida para justificar una inversión inicial mayor en un material duradero [Usar] **III:** Utilizar una lista de verificación de un sistema de clasificación de infraestructura verde para evaluar el desempeño de sostenibilidad de un proyecto [Familiarizarse]

Bibliografía: [Kibert, 2016]

6. Bibliografía

[Kibert, 2016] Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery.* Wiley, 5th edition.

Capítulo 8

Profesores & Cursos

Cursos asignados por profesor

No hay profesores asignados en este documento.

Profesor asignado por curso

- Primer Semestre
  - MA100 . Matemática Básica (Pág 279)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - MA111 . Cálculo I (Pág 283)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BCH101 . Química I (Pág 285)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BME101 . Taller de Metodología del Aprendizaje (Pág 289)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BRC101 . Redacción y Comunicación (Pág 294)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BIC101 . Introducción a la Programación (Pág 296)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BEC101 . Economía General (Pág 301)
    - No hay profesor asignado a esta materia
- Segundo Semestre
  - CE1G1 . Geología General (Pág 305)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CS100 . Introducción a la Ciencia de la Computación (Pág 309)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - AI161 . IA Aplicada (Pág 320)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CB1E1 . Dibujo Técnico y CAD (Pág 324)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - MA112 . Cálculo II (Pág 327)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BFI101 . Física I (Pág 331)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - ID101 . Inglés I (Pág 336)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BEF201 . Ética y Filosofía Política (Pág 340)
    - No hay profesor asignado a esta materia
- Tercer Semestre
  - CE1M1 . Estática (Pág 343)

- No hay profesor asignado a esta materia
- CE2C1. Tecnología de los Materiales (Pág 346)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CB1E2. Dibujo de Ingeniería II (Pág 352)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- MA121. Algebra Lineal I (Pág 355)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- MA210. Cálculo III (Pág 357)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- BFI102. Física II (Pág 360)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- ID102. Inglés II (Pág 365)
  - No hay profesor asignado a esta materia

- Cuarto Semestre
  - CE1M2. Dinámica (Pág 369)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2C3. Tecnología del Concreto I (Pág 372)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2M1. Mecánica de Materiales I (Pág 377)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - MA202. Métodos Numéricos (Pág 380)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - MA211. Cálculo IV (Pág 385)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - STA251. Estadística y Probabilidades (Pág 388)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - ID201. Inglés III (Pág 393)
    - No hay profesor asignado a esta materia
- Quinto Semestre
  - CE2G1. Mecánica de Suelos I (Pág 397)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2H1. Mecánica de Fluidos I (Pág 400)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - MA212. Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Pág 407)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - ID202. Inglés IV (Pág 409)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2M2. Mecánica de Materials II (Pág 413)
    - No hay profesor asignado a esta materia
- Sexto Semestre
  - CE2G2. Mecánica de Suelos II (Pág 415)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2T1. Geomática Básica (Pág 419)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3H1. Mecánica de Fluidos II (Pág 423)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - ID203. Inglés V (Pág 426)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - BRN2C1. Realidad nacional, Constitución y Derechos humanos (Pág 430)
    - No hay profesor asignado a esta materia
- Séptimo Semestre
  - CE2C6. Acondicionamiento Territorial (Pág 435)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2S1. Análisis Estructural I (Pág 438)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2S2. Concreto Armado I (Pág 441)

- No hay profesor asignado a esta materia
- CE2S3 . Diseño en Acero (Pág 444)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE2T2 . Geomática Aplicada (Pág 447)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE2T3 . Geodesia (Pág 450)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G3 . Geología Aplicada (Pág 453)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3H2 . Hidrología General (Pág 458)
  - No hay profesor asignado a esta materia

▪ Octavo Semestre
- CE2C2 . Tecnología de la Construcción I (Pág 461)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE2C8 . Gestión Empresarial en la Construcción I (Pág 465)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE2T4 . Ingeniería de Transportes (Pág 469)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G1 . Dinámica de Suelos (Pág 474)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G2 . Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (Pág 478)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3H4 . Recursos Hidráulicos (Pág 483)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S4 . Ingeniería Sismorresistente y Prevención de Desastres (Pág 489)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S5 . Puentes y Obras de Arte (Pág 492)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3T1 . Fotogrametría Aérea (Pág 495)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3T2 . Cartografía General y Diseño Cartográfico (Pág 498)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3T3 . Sistemas de Información Geográfica (Pág 502)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3T8 . Taller de Competencias Profesionales - Vialidad (Pág 505)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- BMI201 . Metodología de la Investigación en Ingenieria (Pág 510)
  - No hay profesor asignado a esta materia

▪ Noveno Semestre
- CE2C5 . Planeamiento y programación de obras (Pág 513)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE2T5 . Diseño Vial (Pág 516)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3C15 . Taller de Competencias Profesionales (Pág 521)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3C2 . Tecnología de la Construcción II (Pág 529)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3C5 . Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (Pág 534)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3C6 . Evaluación de Riesgos e Impacto Ambiental (Pág 537)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3H3 . Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Pág 540)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S1 . Análisis Estructural II (Pág 551)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S11 . Taller de Competencia Profesional - Estructuras (Pág 555)

- No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S8. Arquitectura y Modelos Estructurales (Pág 562)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3T4. Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano (Pág 570)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE402. Proyecto de final de carrera I (Pág 575)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- BLW201. Legislación (Pág 577)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G4. Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes (Pág 584)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G5. Elementos Finitos Aplicada a la Geotécnia (Pág 587)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3G6. Presas de Tierra (Pág 591)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S7. Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras (Pág 596)
  - No hay profesor asignado a esta materia
- CE3S9. Concreto Presforzado (Pág 600)
  - No hay profesor asignado a esta materia

- Décimo Semestre
  - CE3C11. Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (Pág 603)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3C9. Gestión Integrada de la Construcción (Pág 606)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3G7. Taller de Competencias Profesionales (Pág 611)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3H5. Hidráulica Fluvial (Pág 618)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3H6. Irrigación e Hidroenergia (Pág 622)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3H9. Taller de Ingeniería Hidráulica e Hidrología (Pág 628)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3S10. Diseño Sísmico en Obras de Ingeniería Civil (Pág 631)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3S12. Taller de Investigación (Pág 635)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3S2. Concreto Armado II (Pág 640)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3S6. Albañilería, Adobe y Madera (Pág 645)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3T5. Planificación de Transporte (Pág 649)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3T6. Ingeniería de Pavimentos (Pág 653)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3T7. Puertos (Pág 657)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3T9. Taller de Investigación (Pág 661)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE403. Proyecto de final de carrera II (Pág 666)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE2C7. Organización y Dirección de Empresas (Pág 668)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3C13. Planeamiento y Control de Proyectos (Pág 674)
    - No hay profesor asignado a esta materia
  - CE3C14. Infraestructura Sostenible y Resiliente (Pág 678)
    - No hay profesor asignado a esta materia

Capítulo 9

Equivalencias con otros planes curriculares

A continuación se pueden observar las equivalencias de la presente malla con el(los) Plan(es) curricular(es) anterior(ES). Para ver mayores detalles de la malla propuesta observar la sección 6.2 (Pág. 210).

Capítulo 10

Laboratorios

BCH101. Química I (Obligatorio) 1er Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Química:

- **Equipos**: Espectrofotómetros (Thermo Fisher, Unico), baño María, turbidímetro y peachímetro.
- **Análisis**: Ensayos en agua (sulfatos, cloruros, pH, materia orgánica) bajo normas NTP y ASTM.

BIC101. Introducción a la Programación (Obligatorio) 1er Sem, Lab: 4 hr(s)

Centro de Cómputo FIC:

- **Infraestructura**: 5 salas (A, B, C, D, E) con equipos Core i7-13700, 16GB RAM y discos SSD/M.2.
- **Software**: AutoCAD 2026, Civil 3D 2026, Revit 2026, Recap, Octave, Dev C++ y PSI.

AI161. IA Aplicada (Obligatorio) 2do Sem, Lab: 4 hr(s)

Centro de Cómputo FIC:

- **Infraestructura**: 5 salas (A, B, C, D, E) con equipos Core i7-13700, 16GB RAM y discos SSD/M.2.
- **Software**: AutoCAD 2026, Civil 3D 2026, Revit 2026, Recap, Octave, Dev C++ y PSI.

CB1E1. Dibujo Técnico y CAD (Obligatorio) 2do Sem, Lab: 2 hr(s)

Centro de Cómputo FIC:

- **Infraestructura**: 5 salas (A, B, C, D, E) con equipos Core i7-13700, 16GB RAM y discos SSD/M.2.
- **Software**: AutoCAD 2026, Civil 3D 2026, Revit 2026, Recap, Octave, Dev C++ y PSI.

CE2C1. Tecnología de los Materiales (Obligatorio) 3er Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

BFI102. Física II (Obligatorio) 3er Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Física:

- **Equipos y Herramientas**: Bancos ópticos, mesas de fuerzas, péndulos, carros dinámicos, espectrómetros, sensores PASCO y módulos de medición (multímetros, fuentes, vernier).
- **Hardware y Tecnología**: Laptops de uso académico, sensores y módulos Arduino para adquisición de datos.
- **Software**: Arduino IDE, MATLAB para análisis, Microsoft Office y software especializado en adquisición de datos experimentales.
- **Servicios y Experimentos**: Prácticas de Física I y II (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, Ondas), capacitación en instrumentación y apoyo a proyectos de investigación.

CE2C3. Tecnología del Concreto I (Obligatorio) 4to Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE2C6. Acondicionamiento Territorial (Obligatorio) 7mo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE2C2. Tecnología de la Construcción I (Obligatorio) 8vo Sem, Lab: 1 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE2C8. Gestión Empresarial en la Construcción I (Obligatorio) 8vo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE2C5. Planeamiento y programación de obras (Obligatorio) 9no Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C15. Taller de Competencias Profesionales (Obligatorio) 9no Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C2. Tecnología de la Construcción II (Obligatorio) 9no Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C5. Costos y Presupuestos en Ingenieria Civil (Obligatorio) 9no Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C11. Instalaciones Sanitarias y Eléctricas (Obligatorio) 10mo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C9. Gestión Integrada de la Construcción (Obligatorio) 10mo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE2C7. Organización y Dirección de Empresas (Electivo) 10mo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C13. Planeamiento y Control de Proyectos (Electivo) 10mo Sem, Lab: 2 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.

CE3C14. Infraestructura Sostenible y Resiliente (Electivo) 10mo Sem, Lab: 1 hr(s)

Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM):

- **Equipos**: Prensa hidráulica de 3000kN, esclerómetro digital, detector de barras de acero, analizador de corrosión y equipos de ultrasonido.
- **Enfoque**: Ensayos de albañilería, acero, concreto (corazones diamantinos, diseño de mezclas) y madera.
- **Innovación**: Implementación de realidad virtual para tecnologías BIM vinculadas a ensayos.