



Plan Curricular 2026 de la Escuela Profesional de
Ingeniería Industrial
<https://ucsp.edu.pe/>

– *Reporte Final* –

Última modificación: Agosto de 2025

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. Universidad Católica San Pablo, Ernesto Cuadros-Vargas.

Equipo de Trabajo

Ciro Nuñez Iturri

Director (e) de la Escuela de Ciencia de la Computación
email: ciro.nunez.i@uni.edu.pe

Javier Solano Salinas

Director del Departamento de Ciencia de la Computación
e-mail: jsolano@uni.edu.pe

Yuri Nuñez Medrano

Profesor Investigador
Departamento de Ciencia de la Computación
email: ynunezm@uni.edu.pe

José Luis Segovia-Juárez

PhD en Ciencia de la Computación. Wayne State University (Detroit, USA) (2001)
Profesor del Departamento de Ciencia de la Computacion. UNI
email: jsegoviaj@uni.edu.pe
<http://www.tecnociencia9.com/jlsegovia/es>

Marcos Antonio Alania Vicente

PhD en Ciencias Universidad de Amberes. Bélgica (2017)
Profesor del Departamento de Ciencia de la Computacion. UNI
Desarrollador de algoritmos de IA para procesos complejos interdisciplinarios
email: alania.vicente@gmail.com

Eduardo Yauri Lozano

MSc. en Ciencia de la Computación. UNI (2024)
Profesor del Departamento de Ciencia de la Computacion. UNI
email: eduardo.yauri@uni.edu.pe

Ronald Ricardo Martinez Chunga

MSc. Ciencias Ing Electrónica (2021)
Profesor del Departamento de Ciencia de la Computacion. UNI
email: rmartinezch@uni.edu.pe

<https://www.linkedin.com/in/rmartinezchunga/>

Ernesto Cuadros-Vargas (Editor)

Orador distinguido para la *Association of Computing Machinery* (ACM)
Miembro del Directorio de Gobernadores de la Sociedad de Computación del IEEE (2020-2023)
Miembro del *Steering Committee de ACM/IEEE-CS Computing Curricula 2020 (CS2020)*
Miembro del *Steering Committee de ACM/IEEE-CS Computing Curricula for Computer Science (CS2013)*
Presidente de la Sociedad Peruana de Computación (SPC) 2001-2007, 2009
email: ecuadros@spc.org.pe

Resumen ejecutivo

Este documento representa el informe final de la nueva malla curricular 2026 del Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica San Pablo (UCSP) (<http://www.ucsp.edu.pe>) en la ciudad de Arequipa-Perú.

Este documento presenta el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica San Pablo bajo los estándares internacionales de acreditación ABET y los referentes globales del *Industrial Engineering Body of Knowledge*. La propuesta sintetiza la evolución disciplinar de la Ingeniería Industrial desde sus fundamentos científicos hasta las demandas actuales de la cuarta revolución industrial.

El programa adapta estos referentes globales a nuestro contexto regional, incorporando:

- Requerimientos del sector productivo local y nacional
- Fortalezas institucionales en investigación aplicada e innovación
- Tendencias emergentes en digitalización y sostenibilidad industrial

La Ingeniería Industrial contemporánea integra los siguientes dominios de conocimiento:

- Ciencias Básicas y Fundamentos de Ingeniería
- Ciencias de la Ingeniería Industrial Tradicional y Central
- Tendencias Modernas y Áreas de Expansión
- Formación Humanística y Ética Profesional

El modelo pedagógico se sustenta en cuatro pilares fundamentales:

- **Excelencia técnica:** Dominio de fundamentos científicos, métodos cuantitativos y tecnologías emergentes
- **Innovación sistemática:** Pensamiento de sistemas, mejora continua y transformación digital
- **Sostenibilidad integral:** Economía circular, responsabilidad social y gestión ambiental
- **Formación humana integral:** Desarrollo de virtudes, conciencia ética y compromiso social

La Universidad Católica San Pablo, fiel a su identidad católica, incorpora la formación humana como pilar fundamental, desarrollando en los estudiantes:

- Capacidad para discernir los impactos éticos de las decisiones técnicas
- Sensibilidad hacia los desafíos sociales y ambientales
- Compromiso con el desarrollo humano integral y el bien común
- Ejercicio de liderazgo basado en valores y servicio a la sociedad

Esta malla producirá profesionales con:

- Capacidad para diseñar, mejorar y gestionar sistemas productivos y de servicios complejos
- Competencias para liderar la transformación digital en organizaciones
- Habilidad para integrar eficiencia operacional con sostenibilidad y responsabilidad social
- Formación humanística que les permita ejercer su profesión con excelencia técnica y rectitud moral

La propuesta incorpora mecanismos de actualización continua, asegurando relevancia frente a la rápida evolución tecnológica y alineamiento con los estándares de acreditación internacional, mientras mantiene el sello distintivo de la formación católica que caracteriza a la Universidad Católica San Pablo.

Índice general

Agradecimientos	xvii
Abreviaturas	xix
1. Introducción	1
1.1. Definiciones básicas	1
1.2. Campo y mercado ocupacional	1
1.3. Importancia de la carrera en la sociedad	2
1.4. Información institutional	3
1.4.1. <Identidad	3
1.4.2. Visión	3
1.5. Información de acreditacion	3
1.5.1. Resultados de la carrera <i>Outcomes</i>	3
1.5.2. Objetivos educacionales	4
1.5.3. Objetivos de Aprendizaje (<i>Learning Outcomes</i>)	4
1.6. Perfiles	5
1.6.1. Perfil del estudiante	5
1.6.2. Perfil del graduado	5
1.6.3. Perfil Profesional	6
1.6.4. Perfil del docente	6
1.7. Grados y Títulos	6
1.8. Recursos para dictado de clases	7
1.9. Organización del documento	7
2. Cuerpo del conocimiento de Ingeniería Industrial–<i>Industrial Engineering</i>	9
2.1. Cálculo y Álgebra Lineal (CLM)	10
2.1.1. CLM/Cálculo Diferencial e Integral en Una Variable	10
2.1.2. CLM/Cálculo en Varias Variables	11
2.1.3. CLM/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	11
2.1.4. CLM/Álgebra Lineal	11
2.1.5. CLM/Series y Transformadas	12
2.2. Física para Ingeniería (EPH)	12
2.2.1. EPH/Mecánica Clásica	13
2.2.2. EPH/Termodinámica y Transferencia de Calor	13
2.2.3. EPH/Oscilaciones, Ondas y Acústica	13
2.2.4. EPH/Electricidad y Magnetismo	14
2.3. Ciencia de Materiales y Química (MSC)	14
2.3.1. MSC/Estructura y Propiedades de los Materiales	14
2.3.2. MSC/Termodinámica Química y Cinética	15
2.3.3. MSC/Materiales Metálicos, Poliméricos y Compuestos	15
2.3.4. MSC/Corrosión y Degradación de Materiales	16
2.4. Fundamentos de Ciencia de la Computación (CSF)	16
2.4.1. CSF/Algoritmos y Lógica de Programación	16
2.4.2. CSF/Estructuras de Datos Fundamentales	17

2.4.3. CSF/Programación en un Lenguaje de Alto Nivel	17
2.4.4. CSF/Complejidad Computacional y Eficiencia de Algoritmos	17
2.5. Estadística y Probabilidad (STP)	18
2.5.1. STP/Estadística Descriptiva y Visualización de Datos	18
2.5.2. STP/Teoría de la Probabilidad y Distribuciones	18
2.5.3. STP/Inferencia Estadística	19
2.5.4. STP/Análisis de Regresión y Correlación	19
2.6. Gestión de Operaciones (OPM)	20
2.6.1. OPM/Diseño y Análisis de Procesos de Negocio	20
2.6.2. OPM/Pronósticos de Demanda	21
2.6.3. OPM/Planificación Agregada y Programación Maestra de la Producción	21
2.6.4. OPM/Sistemas de Planificación de Requerimiento de Materiales y Capacidad	21
2.6.5. OPM/Sistemas de Producción Esbeltos y Teoría de Restricciones	22
2.6.6. OPM/Gestión de Inventarios y Modelos de Loteo	22
2.7. Cadena de Suministro y Logística (SCL)	23
2.7.1. SCL/Estrategia y Diseño de la Red de la Cadena de Suministro	23
2.7.2. SCL/Gestión del Transporte y Almacenamiento	23
2.7.3. SCL/Gestión de Relaciones con Proveedores y Clientes	24
2.7.4. SCL/Logística Inversa y Gestión de Devoluciones	24
2.8. Ingeniería de la Calidad y Six Sigma (QSE)	24
2.8.1. QSE/Principios de la Gestión de la Calidad Total	25
2.8.2. QSE/Control Estadístico de Procesos y Cartas de Control	25
2.8.3. QSE/Metodología DMAIC para la Mejora de Procesos	25
2.8.4. QSE/Técnicas para el Diseño de Experimentos	26
2.8.5. QSE/Análisis de Capacidad de Procesos	26
2.9. Ergonomía y Factores Humanos (ERG)	27
2.9.1. ERG/Ergonomía Física	27
2.9.2. ERG/Ergonomía Cognitiva	27
2.9.3. ERG/Ergonomía Organizacional	28
2.9.4. ERG/Métodos de Estudio del Trabajo	28
2.10. Ingeniería Económica y Análisis Financiero (FIE)	28
2.10.1. FIE/Valor del Dinero en el Tiempo	29
2.10.2. FIE/Análisis de Alternativas de Inversión y Reemplazo	29
2.10.3. FIE/Análisis de Costos, Presupuestos y Puntos de Equilibrio	29
2.10.4. FIE/Análisis de Riesgo e Incertidumbre en Proyectos	30
2.11. Simulación de Sistemas Discretos (DSS)	30
2.11.1. DSS/Fundamentos de Modelado de Sistemas Discretos	30
2.11.2. DSS/Teoría de Colas y Análisis de Congestión	31
2.11.3. DSS/Generación y Análisis de Números Pseudoaleatorios	31
2.11.4. DSS/Diseño de Experimentos para Simulación y Análisis de Salida	32
2.11.5. DSS/Uso de Software Especializado	32
2.12. Investigación de Operaciones y Optimización (ORO)	32
2.12.1. ORO/Programación Lineal y Método Simplex	33
2.12.2. ORO/Programación Entera y Mixta	33
2.12.3. ORO/Modelos de Redes y Grafos	33
2.12.4. ORO/Programación No Lineal	34
2.12.5. ORO/Teoría de Juegos y Toma de Decisiones Multi-criterio	34
2.13. Ciencia de Datos y Analítica Avanzada (DAA)	35
2.13.1. DAA/Minería de Datos y Procesamiento de Grandes Volúmenes	35
2.13.2. DAA/Aprendizaje Supervisado	35
2.13.3. DAA/Aprendizaje No Supervisado	36
2.13.4. DAA/Visualización Avanzada de Datos y Storytelling	36
2.14. Sistemas Ciberfísicos e Internet Industrial de las Cosas (IIoT)	36
2.14.1. IIoT/Fundamentos de Sensores, Actuadores y Sistemas Embebidos	37
2.14.2. IIoT/Arquitecturas de Plataformas IIoT y Protocolos de Comunicación	37
2.14.3. IIoT/Gemelos Digitales para Modelado y Optimización	37

2.14.4. IIoT/Integración de Sistemas IT/OT	38
2.15. Manufactura Aditiva y Digital (DMA)	38
2.15.1. DMA/Tecnologías de Manufactura Aditiva	38
2.15.2. DMA/Diseño Generativo y para Fabricación Aditiva	39
2.15.3. DMA/Digitalización de Procesos de Manufactura	39
2.15.4. DMA/Prototipado Rápido y Fabricación de Series Cortas	40
2.16. Robótica Colaborativa y Automatización (ACR)	40
2.16.1. ACR/Fundamentos de Robótica y Cinemática	40
2.16.2. ACR/Diseño de Celdas de Manufactura con Cobots	41
2.16.3. ACR/Sistemas de Visión Artificial para Inspección y Guiado	41
2.16.4. ACR/Automatización de Procesos Robóticos para Funciones Administrativas	41
2.17. Ingeniería de la Sostenibilidad y Economía Circular (SCE)	42
2.17.1. SCE/Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono	42
2.17.2. SCE/Principios de Economía Circular y Ecodiseño	42
2.17.3. SCE/Eficiencia Energética en Sistemas Industriales	43
2.17.4. SCE/Gestión de Residuos y Simbiosis Industrial	43
2.18. Ciberseguridad Operacional (OCS)	44
2.18.1. OCS/Fundamentos de Ciberseguridad en Sistemas de Control Industrial	44
2.18.2. OCS/Identificación de Vulnerabilidades en Entornos OT	44
2.18.3. OCS/Estrategias de Seguridad para la Cadena de Suministro Digital	45
2.18.4. OCS/Normativas y Estándares de Ciberseguridad Industrial	45
2.19. Gestión de la Innovación y Tecnología (ITM)	45
2.19.1. ITM/Procesos y Modelos de Innovación	46
2.19.2. ITM/Gestión de Portafolios de Proyectos de I+D+i	46
2.19.3. ITM/Estrategia Tecnológica y Vigilancia Tecnológica	46
2.19.4. ITM/Transferencia Tecnológica y Commercialización	47
2.20. Analítica de la Cadena de Suministro (SCA)	47
2.20.1. SCA/Pronósticos de Demanda Avanzados usando Machine Learning	48
2.20.2. SCA/Optimización de Inventarios con Analítica Predictiva	48
2.20.3. SCA/Modelado de Riesgos y Estrategias de Mitigación en la Cadena de Suministro	48
2.20.4. SCA/Plataformas de Visibilidad en Tiempo Real y Trazabilidad	49
2.21. Industria 5.0 y Sistemas Cognitivos (IFiveC)	49
2.21.1. IFiveC/Colaboración Humano-Robot Avanzada	50
2.21.2. IFiveC/Personalización Masiva y Fabricación Hiper-flexible	50
2.21.3. IFiveC/Sistemas Resilientes y Antifrágiles	50
2.21.4. IFiveC/Inteligencia Artificial Centrada en el Humano	51
2.22. Ética, Gobernanza y Sociedad (EGS)	51
2.22.1. EGS/Ética Profesional en Ingeniería	51
2.22.2. EGS/Impacto Social y Ambiental de las Tecnologías Emergentes	52
2.22.3. EGS/Gobernanza de Datos y Privacidad	52
2.22.4. EGS/Responsabilidad Social Corporativa y Sostenibilidad Empresarial	52
3. Cuerpo del conocimiento de Matemática Computacional	55
3.1. Análisis Numérico y Científico (NSA)	56
3.1.1. NSA/Aritmética Computacional y Análisis de Error	56
3.1.2. NSA/Álgebra Lineal Numérica	56
3.1.3. NSA/Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica	57
3.1.4. NSA/Interpolación y Aproximación de Funciones	57
3.1.5. NSA/Diferenciación e Integración Numérica	58
3.1.6. NSA/Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs)	58
3.2. Modelado Matemático y Simulación (MMS)	58
3.2.1. MMS/Formulación de Modelos Matemáticos	59
3.2.2. MMS/Simulación de Sistemas Discretos	59
3.2.3. MMS/Simulación de Sistemas Continuos	59
3.2.4. MMS/Análisis de Sensibilidad y Robustez	60
3.2.5. MMS/Validación y Verificación de Modelos	60

3.3.	Probabilidad y Computación Estadística (PSC)	61
3.3.1.	PSC/Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos	61
3.3.2.	PSC/Inferencia Estadística Computacional	61
3.3.3.	PSC/Diseño de Experimentos Computacionales	62
3.3.4.	PSC/Métodos de Remuestreo y Validación	62
3.4.	Estructuras de Datos y Algoritmos (DSA)	62
3.4.1.	DSA/Complejidad Algorítmica y Análisis Asintótico	63
3.4.2.	DSA/Estructuras de Datos Fundamentales y Avanzadas	63
3.4.3.	DSA/Algoritmos de Búsqueda y Ordenamiento	63
3.4.4.	DSA/Algoritmos de Grafos y Optimización Combinatoria	64
3.4.5.	DSA/Algoritmos Paralelos y Distribuidos	64
3.5.	Computación de Alto Rendimiento (HPC)	64
3.5.1.	HPC/Arquitecturas de Computadoras Paralelas	65
3.5.2.	HPC/Programación Paralela de Memoria Compartida	65
3.5.3.	HPC/Programación Paralela de Memoria Distribuida	65
3.5.4.	HPC/Programación de Aceleradores	66
3.5.5.	HPC/Métodos Numéricos Paralelos	66
3.6.	Optimización y Aprendizaje Automático (OML)	66
3.6.1.	OML/Optimización Convexa y No Convexa	67
3.6.2.	OML/Optimización con Restricciones	67
3.6.3.	OML/Optimización para Aprendizaje Automático	67
3.6.4.	OML/Optimización a Gran Escala y Distribuida	68
3.6.5.	OML/Metaheurísticas y Optimización Bioinspirada	68
3.7.	Matemáticas para Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático (DSM)	68
3.7.1.	DSM/Fundamentos del Aprendizaje Estadístico	69
3.7.2.	DSM/Métodos de Aprendizaje Supervisado	69
3.7.3.	DSM/Métodos de Aprendizaje No Supervisado	69
3.7.4.	DSM/Evaluación y Selección de Modelos	70
3.8.	Matemáticas para Inteligencia Artificial (AIM)	70
3.8.1.	AIM/Teoría del Aprendizaje Profundo	70
3.8.2.	AIM/Arquitecturas Neuronales Avanzadas	71
3.8.3.	AIM/Aprendizaje por Refuerzo	71
3.8.4.	AIM/Procesamiento de Lenguaje Natural con Transformers	71
3.8.5.	AIM/Modelos Generativos y GANs	72
3.9.	Computación Simbólica y Discreta (SDC)	72
3.9.1.	SDC/Teoría de Grupos y Algoritmos Algebraicos	72
3.9.2.	SDC/Teoría de Números Computacional y Criptografía	73
3.9.3.	SDC/Sistemas de Computación Simbólica	73
3.9.4.	SDC/Lógica Computacional y Verificación Formal	73
3.10.	Señales, Imágenes y Visualización (SIV)	74
3.10.1.	SIV/Análisis de Fourier y Wavelets	74
3.10.2.	SIV/Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Computacional	74
3.10.3.	SIV/Visualización Científica y Computación Visual	75
3.10.4.	SIV/Gráficos por Computadora y Geometría Computacional	75
3.11.	Computación Cuántica y Algoritmos (QCA)	75
3.11.1.	QCA/Fundamentos de Mecánica Cuántica para Computación	76
3.11.2.	QCA/Qubits y Circuitos Cuánticos	76
3.11.3.	QCA/Algoritmos Cuánticos	76
3.11.4.	QCA/Criptografía Post-Cuántica y Simulación Cuántica	77
3.12.	Ciberseguridad y Privacidad (CSP)	77
3.12.1.	CSP/Criptografía Simétrica	77
3.12.2.	CSP/Criptografía Asimétrica	78
3.12.3.	CSP/Computación con Preservación de la Privacidad	78
3.12.4.	CSP/Teoría de la Información y Compresión de Datos	78
3.13.	Matemáticas Computacionales para Dominios Específicos (CDM)	79
3.13.1.	CDM/Bioinformática y Biología Computacional	79

3.13.2. CDM/Finanzas Computacionales y Ciencia del Riesgo	79
3.13.3. CDM/Física Computacional y Química Cuántica	80
3.13.4. CDM/Ciencia de Materiales Computacional	80
3.13.5. CDM/Modelado Climático y Sistemas Complejos	80
3.14. Gobernanza y Gestión de Datos (DGM)	81
3.14.1. DGM/Ética en IA y Algoritmos Responsables	81
3.14.2. DGM/Gestión de Proyectos de Datos y MLOps	81
3.14.3. DGM/Gobernanza de Datos y Cumplimiento Normativo	82
4. Plan de estudios	83
4.1. Codificación de los cursos	83
4.2. Estructura Curricular	84
4.3. Tópicos distribuídos por curso	85
4.4. Resultados esperados distribuídos por curso	86
4.5. Resultados esperados distribuídos por curso	86
4.6. Distribución de cursos en la carrera	88
4.7. Compatibilidad de la carrera con relación a estandares internacionales	89
5. Contenido detallado por curso	91
Primer Semestre	91
5.1. MA111. Cálculo I (Obligatorio)	91
5.1.1. Información general	91
5.1.2. Justificación	91
5.1.3. Objetivos	91
5.1.4. Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	91
5.1.5. Contenido	91
5.1.5.1. Aritmética Computacional y Análisis de Error (25 horas)	91
5.1.5.2. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (25 horas)	92
5.1.5.3. Diferenciación e Integración Numérica (25 horas)	92
5.1.5.4. Interpolación y Aproximación de Funciones (25 horas)	92
5.1.5.5. Bibliografía	93
5.2. MA121. Algebra Lineal (Obligatorio)	94
5.2.1. Información general	94
5.2.2. Justificación	94
5.2.3. Objetivos	94
5.2.4. Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	94
5.2.5. Contenido	94
5.2.5.1. Álgebra Lineal Numérica (25 horas)	94
5.2.5.2. Aritmética Computacional y Análisis de Error (25 horas)	94
5.2.5.3. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (25 horas)	95
5.2.5.4. Interpolación y Aproximación de Funciones (25 horas)	95
5.2.5.5. Bibliografía	95
5.3. FI101. Física I (Obligatorio)	96
5.3.1. Información general	96
5.3.2. Justificación	96
5.3.3. Objetivos	96
5.3.4. Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	96
5.3.5. Contenido	96
5.3.5.1. Cinemática en una y dos Dimensiones (10 horas)	96
5.3.5.2. Dinámica: Leyes de Newton y Aplicaciones (12 horas)	96
5.3.5.3. Trabajo y Energía (10 horas)	97
5.3.5.4. Sistemas de Partículas y Conservación del Momento Lineal (8 horas)	97
5.3.5.5. Dinámica Rotacional (10 horas)	97
5.3.5.6. Aplicaciones en Computación (6 horas)	97
5.3.5.7. Bibliografía	98
Segundo Semestre	98

5.4.	MA112. Cálculo II (Obligatorio)	99
5.4.1.	Información general	99
5.4.2.	Justificación	99
5.4.3.	Objetivos	99
5.4.4.	Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	99
5.4.5.	Contenido	99
5.4.5.1.	Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)	99
5.4.5.2.	Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)	99
5.4.5.3.	Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)	100
5.4.5.4.	Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas) . . .	100
5.4.5.5.	Bibliografía	100
5.5.	FI102. Física II (Obligatorio)	101
5.5.1.	Información general	101
5.5.2.	Justificación	101
5.5.3.	Objetivos	101
5.5.4.	Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	101
5.5.5.	Contenido	101
5.5.5.1.	Electrostática (10 horas)	101
5.5.5.2.	Bibliografía	101
	Tercer Semestre	101
5.6.	MA211. Cálculo III (Obligatorio)	102
5.6.1.	Información general	102
5.6.2.	Justificación	102
5.6.3.	Objetivos	102
5.6.4.	Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	102
5.6.5.	Contenido	102
5.6.5.1.	Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)	102
5.6.5.2.	Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)	102
5.6.5.3.	Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)	103
5.6.5.4.	Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas) . .	103
5.6.5.5.	Bibliografía	103
	Cuarto Semestre	103
5.7.	MA212. Ecuaciones Diferenciales (Obligatorio)	104
5.7.1.	Información general	104
5.7.2.	Justificación	104
5.7.3.	Objetivos	104
5.7.4.	Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	104
5.7.5.	Contenido	104
5.7.5.1.	Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)	104
5.7.5.2.	Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas) . .	104
5.7.5.3.	Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)	105
5.7.5.4.	Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)	105
5.7.5.5.	Bibliografía	105
5.8.	MA351. Estadística y Probabilidades (Obligatorio)	106
5.8.1.	Información general	106
5.8.2.	Justificación	106
5.8.3.	Objetivos	106
5.8.4.	Contribución a los resultados (<i>Outcomes</i>)	106
5.8.5.	Contenido	106
5.8.5.1.	Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos (20 horas)	106
5.8.5.2.	Inferencia Estadística Computacional (20 horas)	106
5.8.5.3.	Métodos de Remuestreo y Validación (20 horas)	107
5.8.5.4.	Diseño de Experimentos Computacionales (20 horas)	107

5.8.5.5. Bibliografía	107
Quinto Semestre	107
Sexto Semestre	107
Séptimo Semestre	107
Octavo Semestre	107
Noveno Semestre	107
Décimo Semestre	107
6. Profesores & Cursos	109
6.1. Cursos asignados por profesor	109
6.2. Profesor asignado por curso	109
7. Equivalencias con otros planes curriculares	111
8. Laboratorios	113

Índice de figuras

4.1. Esquema de codificación para los cursos.	83
4.2. Créditos por área por semestre	88
4.3. Distribución de cursos por áreas considerando creditaje.	89
4.4. Distribución de créditos por niveles de cursos.	89

Índice de cuadros

4.1. Tópicos por curso del 1 ^{er} al 4 ^{to} Semestre	85
4.2. Tópicos por curso del 1 ^{er} al 4 ^{to} Semestre	85
4.3. Resultados esperados por curso 1 ^{er} al 4 ^{to} Semestre	86
4.4. Resultados esperados por curso 1 ^{er} al 4 ^{to} Semestre	87
4.5. Distribución de cursos por áreas	88

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.

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 fantástica área que nos ha tocado estudiar y de la cual nos sentimos orgullosos de formar parte.

Abreviaturas

Capítulo 1

Introducción

La computación ha sufrido un desarrollo impresionante en las últimas décadas, convirtiéndose en el motor del desarrollo científico, tecnológico, industrial, social, económico y cultural, transformando de manera significativa nuestro diario accionar.

El surgimiento del computador ha marcado una nueva era en la historia de la humanidad que era imposible de imaginar varias décadas atrás. La gran cantidad de aplicaciones que se han desarrollado en los últimos años están transformando el desarrollo de todas las disciplinas del saber, la comercialización en el ámbito globalizado en que vivimos, la manera en que nos comunicamos, los procesos de enseñanza-aprendizaje y hasta en la manera como nos entretenemos.

Para darnos una idea de la relevancia e importancia, que en nuestro país ha alcanzado esta disciplina, basta mencionar que actualmente se ofrecen aproximadamente más de 100 carreras de Computación a nivel nacional. Esto sin considerar los programas de nivel Técnico Superior No Universitario que se ofertan.

Todas estas carreras existentes tienen como centro de su estudio a la computación pero lo hacen con más de 50 nombres distintos como: Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Computación, Ingeniería de Computación y Sistemas, entre otros. A pesar de que todas ellas apuntan al mismo mercado de trabajo, resulta por lo menos sorprendente que no sea posible encontrar por lo menos dos que comparten la misma curricula aunque sea en el primer año.

Comúnmente, durante la década de los setenta, la Computación se desarrolló dentro de las Facultades de Ciencias en la mayoría de las universidades estadounidenses, británicas y de otros países. Durante la década de los ochenta, los grupos de computación en las universidades se esforzaron por lograr una legitimidad académica en su ámbito local. Frecuentemente, se transformaron en departamentos de Matemáticas y Computación, hasta finalmente dividirse en dos departamentos de Matemáticas y de Computación, en la década de los noventa. Es en esta década en que un número creciente de instituciones reconocieron la influencia penetrante de la Computación, creando unidades independientes como departamentos, escuelas o institutos dedicados a tal área de estudio, un cambio que ha demostrado tanto perspicacia como previsión.

En Perú, un número cada vez mayor de instituciones de educación superior han tratado de seguir el desarrollo de las universidades extranjeras (aunque no siempre en forma muy seria o exitosa), reconociendo a la Computación como un área de estudio en sí misma, así como su importancia estratégica en la educación, y creando departamentos, escuelas o institutos dedicados a su estudio. La Facultad de Ingeniería y Computación no puede ser la excepción a este cambio, en el que ya se tiene un retraso relativo con muchas de las instituciones educativas dentro y fuera de Perú.

1.1. Definiciones básicas

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 función del desarrollo que oferta, entre ellas:

- Empresas dedicadas a la producción de software con calidad internacional.

- Empresas, instituciones y organizaciones que requieran software de calidad para mejorar sus actividades y/o servicios ofertados.

Nuestro egresado puede desempeñarse en el mercado laboral sin ningún problema ya que, en general, la exigencia del mercado y campo ocupacional está mucho más orientada al uso de herramientas. Sin embargo, es poco común que los propios profesionales de esta carrera se pregunten: ¿qué tipo de formación debería tener si yo quisiera crear esas herramientas además de saber usarlas?. Ambos perfiles (usuario y creador) son bastante diferentes pues no sería posible usar algo que todavía no fue creado. En otras palabras, los creadores de tecnología son los que dan origen a nuevos puestos de trabajo y abren la posibilidad de que otros puedan usar esa tecnología.

Debido a la formación basada en la investigación, nuestro profesional debe siempre ser un innovador donde trabaje. Esta misma formación permite que el egresado piense también en crear su propia empresa de desarrollo de software. Considerando que países en vías de desarrollo tienen un costo de vida mucho menor que Norte América ó Europa, una posibilidad que se muestra interesante es la exportación de software pero eso requiere que la calidad del producto sea al mismo nivel de lo ofrecido a nivel internacional.

Este perfil profesional también posibilita que los egresados se queden en el país; producir software en nuestro país y venderlo fuera es más rentable que salir al extranjero y comercializarlo allá.

El campo ocupacional de un egresado es amplio y está en continua expansión y cambio. Prácticamente toda empresa u organización hace uso de servicios de computación de algún tipo, y la buena formación básica de nuestros egresados hace que puedan responder a los requerimientos de las mismas exitosamente. Este egresado, no sólo podrá dar soluciones a los problemas existentes sino que deberá proponer innovaciones tecnológicas que impulsen la empresa hacia un progreso constante.

A medida que la informatización básica de las empresas del país avanza, la necesidad de personas capacitadas para resolver los problemas de mayor complejidad aumenta y el plan de estudios que hemos desarrollado tiene como objetivo satisfacer esta demanda considerandola a mediano y largo plazo. El campo para las tareas de investigación y desarrollo de problemas complejos en computación es también muy amplio y está creciendo día a día a nivel mundial.

Debido a la capacidad innovadora de nuestro egresado, existe una mayor probabilidad de registrar patentes con un alto nivel inventivo lo cual es especialmente importante en nuestros países.

1.3. Importancia de la carrera en la sociedad

Uno de los caminos que se espera que siga un profesional del área de Ingeniería Industrial es que el se dedique a producir software o que se integre a las empresas productoras de software. En el ámbito de la computación, es común observar que los países cuentan con Asociaciones de Productores de Software cuyas políticas están orientadas a la exportación. Siendo así, no tendría sentido preparar a nuestros alumnos sólo para el mercado local o nacional. Nuestros egresados deben estar preparados para desenvolverse en el mundo globalizado que nos ha tocado vivir.

Nuestros futuros profesionales deben estar orientados a crear nuevas empresas de base tecnológica que puedan incrementar las exportaciones de software peruano. Este nuevo perfil está orientado a generar industria innovadora. Si nosotros somos capaces de exportar software competitivo también estaremos en condiciones de atraer nuevas inversiones. Las nuevas inversiones generaría más puestos de empleo bien remunerados y con un costo bajo en relación a otros tipos de industria. Bajo esta perspectiva, podemos afirmar que esta carrera será un motor que impulsará al desarrollo del país de forma decisiva con una inversión muy baja en relación a otros campos.

Es necesario recordar que la mayor innovación de productos comerciales de versiones recientes utiliza tecnología que se conocía en el mundo académico hace varios años, décadas o más. Un ejemplo claro son las bases de datos que soportan datos y consultas espaciales desde hace muy pocos años. Sin embargo, utilizan estructuras de datos que ya existían hace algunas décadas. Es lógico pensar que la gente del área académica no se dedique a estudiar en profundidad la última versión de un determinado software cuando esa tecnología ya la conocían hace mucho tiempo. Por esa misma razón es raro en el mundo observar que una universidad tenga convenios con una transnacional de software para dictar solamente esa tecnología pues, nuestra función es generar esa tecnología **y no sólo saber usarla**.

Tampoco debemos olvidar que los alumnos que ingresan hoy saldrán al mercado dentro de 5 años aproximadamente y, en un mundo que cambia tan rápido, no podemos ni debemos enseñarles tomando

en cuenta solamente el mercado actual. Nuestros profesionales deben estar preparados para resolver los problemas que habrá dentro de 10 o 15 años y eso sólo es posible a través de la investigación.

1.4. Información institutional

1.4.1. <Identidad

Contribuir al desarrollo científico, tecnológico y técnico del país formando profesionales competentes, orientados a la creación de nueva ciencia y tecnología computacional, como motor que impulse y consolide la industria del software en base a la investigación científica y tecnológica en áreas innovadoras formando, EN NUESTROS profesionales, un conjunto de habilidades y destrezas para la solución de problemas computacionales con un compromiso social.

De esta identidad se desprenden cuatro pilares fundamentales que sostienen la Universidad Católica San Pablo (UCSP):

COMUNIDAD ACADÉMICA CATÓLICA
BÚSQUEDA DE LA VERDAD
FORMACIÓN INTEGRAL DE LA PERSONA HUMANA
EVANGELIZACIÓN DE LA CULTURA

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 de la industria del software relacionada a Ingeniería Industrial 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*):

- 1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
- 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.
- 3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias.
- 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.
- 5) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros ejercen liderazgo colectivo, crean un ambiente colaborativo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos.
- 6) Habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos, y utilizar el criterio de ingeniería para obtener conclusiones.

- 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 ABET¹. Por otro lado, las habilidades adicionales son aportes de este grupo de trabajo.

1.5.2. Objetivos educacionales

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

1. Cumplir y superar las expectativas de trabajo definidas por el entorno laboral.
2. Desempeñarse como miembro, o líder, de un equipo de trabajo tanto especializado como multidisciplinario.
3. Proponer soluciones al contexto laboral, donde se desenvuelve, basadas en la implementación o mejora del estado del arte en Ingeniería Industrial.
4. Comunicar de forma efectiva propuestas tecnológicas a personas de distintos niveles de conocimiento y de diferentes ámbitos sociales.
5. Actualizarse y adaptarse a nuevos conocimientos en Ingeniería Industrial y a diferentes ámbitos laborales, de forma autónoma o mediante estudios complementarios.
6. Demostrar un claro entendimiento de las consecuencias que surgen a partir de creaciones tecnológicas relacionadas a la Ingeniería Industrial en aspectos tales como lo social, ético, humano, moral, legal, ambiental, económico, entre otros.

1.5.3. Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*)

Cada KU dentro de un KA enumera tanto un conjunto de temas y los resultados de aprendizaje (*Learning Outcomes*) que los estudiantes deben alcanzar en lo que respecta a los temas especificados. 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 los resultados del aprendizaje asociados.

Cada resultado de aprendizaje tiene un nivel asociado de dominio. En la definición de los diferentes niveles que dibujamos de otros enfoques curriculares, especialmente la taxonomía de Bloom, que ha sido bien explorada dentro de la Ingeniería Industrial. En este documento no se aplicó directamente los niveles de Bloom en parte porque varios de ellos son impulsados por contexto pedagógico, que introduciría demasiada pluralidad en un documento de este tipo; en parte porque tenemos la intención de los niveles de dominio para ser indicativa y no imponer restricción teórica 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 iteración en el desarrollo de software (for, while e iteradores). En el plano de la “familiaridad”, se espera que un estudiante tenga una definición del concepto de iteración en el desarrollo de software y saber por qué esta técnica es útil.

¹<http://www.abet.org>

Con el fin de mostrar el dominio del nivel “Uso”, el estudiante debe ser capaz de escribir un programa adecuadamente usando una forma de iteración.

En el nivel de “Evaluación”, en la iteración se requeriría que un estudiante comprenda múltiples métodos de iteración y que sea capaz de seleccionar apropiadamente entre ellos para diferentes aplicaciones.

1.6. Perfiles

1.6.1. Perfil del estudiante

El aspirante a ingresar a la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica San Pablo (UCSP) debe tener:

Conocimientos de:

1. Conceptos básicos de operaciones algebraicas, geometría y precálculo.
2. Su entorno social en la actualidad.

Habilidades para:

1. Entender las relaciones entre los hechos y encontrar las causas que los produjeron, prever consecuencias y así poder resolver problemas de una manera coherente.
2. Diferenciar patrones, es decir, captar la diferencia entre la realidad observada y el modelo mental o idea preconcebida que se ha tenido.
3. Percibir las relaciones lógicas (de funcionamiento o de comportamiento) existentes entre las observaciones realizadas.
4. Expresarse de manera oral o escrita las posibles soluciones para un problema dado.
5. Concentrarse y apertura al esfuerzo.
6. Comprender, analizar y sintetizar.
7. Formar hábitos y métodos adecuados para el estudio.

Actitudes de:

1. Interés y gusto por el estudio de Ingeniería Industrial y matemáticas.
2. Disposición para el trabajo académico, en forma cooperativa y participativa, dentro y fuera del aula de clases.
3. Iniciativa y competencia en el desempeño escolar.

1.6.2. Perfil del graduado

El egresado del Programa Profesional de Ingeniería Industrial es capaz de:

1. Desarrollar tecnología computacional buscando el bien común de los individuos, la sociedad y las organizaciones.
2. Aportar con su formación humana y sus capacidades científicas y profesionales con la solución de los problemas sociales de nuestro entorno.
3. Transformar, acelerar y ampliar los límites de cualquier área del conocimiento a través de soluciones innovadoras basadas en el uso eficiente de tecnología computacional.
4. Adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos debido a su formación basada en la investigación constante.

5. Trabajar y liderar equipos multidisciplinarios que llevan a cabo proyectos de innovación tecnológica.
6. Incrementar las ventajas competitivas de cualquier organización a través del uso eficiente de tecnología computacional gracias a su alta capacidad de abstracción.
7. Crear empresas de base tecnológica.
8. Poder seguir estudios de postgrado con exigencia internacional en áreas relacionadas.

1.6.3. Perfil Profesional

El profesional en Ingeniería Industrial tiene las siguientes características:

- Desarrollar tecnología computacional buscando el bien común de los individuos, la sociedad y las organizaciones.
- Aportar con su formación humana y sus capacidades científicas y profesionales con la solución de los problemas sociales de nuestro entorno.
- Transformar, acelerar y ampliar los límites de cualquier área del conocimiento a través de soluciones innovadoras basadas en el uso eficiente de tecnología computacional.
- Adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos debido a su formación basada en la investigación constante.
- Trabajar y liderar equipos multidisciplinarios que llevan a cabo proyectos de innovación tecnológica.
- Incrementar las ventajas competitivas de cualquier organización a través del uso eficiente de tecnología computacional gracias a su alta capacidad de abstracción.
- Crear empresas de base tecnológica.
- Poder seguir estudios de postgrado con exigencia internacional en áreas relacionadas.

1.6.4. Perfil del docente

El docente de la carrera de Ingeniería Industrial es una persona que promueve la formación integral del estudiante a través de la enseñanza, la investigación y extensión, transmitiendo su sólidos conocimientos en los cursos que imparte fortaleciendo sus valores como persona y miembro de la sociedad.

Debe ser capaz de transmitir sus conocimientos de una forma simple y clara a los estudiantes fomentando en ellos la investigación y el aprendizaje continuo para que sean capaces de adaptarse fácilmente a los cambios propios del avance del área y promover en ellos la búsqueda del bien común de los individuos, la sociedad y las organizaciones.

Debe ser un profesional que busca con frecuencia capacitación y grados académicos avanzados **de calidad** y muy preferentemente con dedicación a tiempo completo con el objetivo de desplegarse mejor buscando el bien común.

El docente participa de la formación e integración del estudiante a una comunidad académica católica buscando siempre la exigencia continua.

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 Industrial y

Título Profesional: Licenciado en Ingeniería Industrial

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 área no son presentados en los libros necesariamente. Debemos utilizar publicaciones de revistas indexadas de circulación mundial.

Por esa razón, tomamos como base la suscripción institucional a la ACM y a la IEEE-CS. Es recomendado que el docente use este material para discutir en clase las tendencias en todas las áreas.

Los laboratorios de cómputo también deben ser renovados de acuerdo a la rapidez propia de esta área y esto implica renovaciones constantes para poder garantizar que los estudiantes estén actualizados.

El recurso físico en cuanto a laboratorios para cada curso está detallado en el Capítulo 8.

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 Industrial, además se hace una muy breve explicación de las distintas carreras relacionadas a esta disciplina .

El Capítulo 3, muestra las áreas de Conocimiento de Ingeniería Industrial, indicando los tópicos y objetivos de aprendizaje de los temas, pertenecientes a estos grupos.

El Capítulo 4 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 5 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 6 podemos observar un listado de cursos por profesor y de profesor por curso.

En el Capítulo 7 se presentan las tablas de equivalencias con otros planes curriculares.

En el Capítulo 8 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 Industrial–*Industrial Engineering*

Las 22 áreas de conocimiento en Ingeniería Industrial–*Industrial Engineering* son:

- 2.1 Cálculo y Álgebra Lineal (CLM) (Pág. 10)**
 - 2.1.1 Cálculo Diferencial e Integral en Una Variable (Pág. 10)
 - 2.1.2 Cálculo en Varias Variables (Pág. 11)
 - 2.1.3 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Pág. 11)
 - 2.1.4 Álgebra Lineal (Pág. 11)
 - 2.1.5 Series y Transformadas (Pág. 12)
- 2.2 Física para Ingeniería (EPH) (Pág. 12)**
 - 2.2.1 Mecánica Clásica (Pág. 13)
 - 2.2.2 Termodinámica y Transferencia de Calor (Pág. 13)
 - 2.2.3 Oscilaciones, Ondas y Acústica (Pág. 13)
 - 2.2.4 Electricidad y Magnetismo (Pág. 14)
- 2.3 Ciencia de Materiales y Química (MSC) (Pág. 14)**
 - 2.3.1 Estructura y Propiedades de los Materiales (Pág. 14)
 - 2.3.2 Termodinámica Química y Cinética (Pág. 15)
 - 2.3.3 Materiales Metálicos, Poliméricos y Compuestos (Pág. 15)
 - 2.3.4 Corrosión y Degradación de Materiales (Pág. 16)
- 2.4 Fundamentos de Ciencia de la Computación (CSF) (Pág. 16)**
 - 2.4.1 Algoritmos y Lógica de Programación (Pág. 16)
 - 2.4.2 Estructuras de Datos Fundamentales (Pág. 17)
 - 2.4.3 Programación en un Lenguaje de Alto Nivel (Pág. 17)
 - 2.4.4 Complejidad Computacional y Eficiencia de Algoritmos (Pág. 17)
- 2.5 Estadística y Probabilidad (STP) (Pág. 18)**
 - 2.5.1 Estadística Descriptiva y Visualización de Datos (Pág. 18)
 - 2.5.2 Teoría de la Probabilidad y Distribuciones (Pág. 18)
 - 2.5.3 Inferencia Estadística (Pág. 19)
 - 2.5.4 Análisis de Regresión y Correlación (Pág. 19)
- 2.6 Gestión de Operaciones (OPM) (Pág. 20)**
 - 2.6.1 Diseño y Análisis de Procesos de Negocio (Pág. 20)
 - 2.6.2 Pronósticos de Demanda (Pág. 21)
 - 2.6.3 Planificación Agregada y Programación Maestra de la Producción (Pág. 21)
 - 2.6.4 Sistemas de Planificación de Requerimiento de Materiales y Capacidad (Pág. 21)
 - 2.6.5 Sistemas de Producción Esbeltos y Teoría de Restricciones (Pág. 22)
 - 2.6.6 Gestión de Inventarios y Modelos de Loteo (Pág. 22)
- 2.7 Cadena de Suministro y Logística (SCL) (Pág. 23)**
 - 2.7.1 Estrategia y Diseño de la Red de la Cadena de Suministro (Pág. 23)
 - 2.7.2 Gestión del Transporte y Almacenamiento (Pág. 23)
 - 2.7.3 Gestión de Relaciones con Proveedores y Clientes (Pág. 24)
- 2.7.4 Logística Inversa y Gestión de Devoluciones (Pág. 24)**
- 2.8 Ingeniería de la Calidad y Six Sigma (QSE) (Pág. 24)**
 - 2.8.1 Principios de la Gestión de la Calidad Total (Pág. 25)
 - 2.8.2 Control Estadístico de Procesos y Cartas de Control (Pág. 25)
 - 2.8.3 Metodología DMAIC para la Mejora de Procesos (Pág. 25)
 - 2.8.4 Técnicas para el Diseño de Experimentos (Pág. 26)
 - 2.8.5 Análisis de Capacidad de Procesos (Pág. 26)
- 2.9 Ergonomía y Factores Humanos (ERG) (Pág. 27)**
 - 2.9.1 Ergonomía Física (Pág. 27)
 - 2.9.2 Ergonomía Cognitiva (Pág. 27)
 - 2.9.3 Ergonomía Organizacional (Pág. 28)
 - 2.9.4 Métodos de Estudio del Trabajo (Pág. 28)
- 2.10 Ingeniería Económica y Análisis Financiero (FIE) (Pág. 28)**
 - 2.10.1 Valor del Dinero en el Tiempo (Pág. 29)
 - 2.10.2 Análisis de Alternativas de Inversión y Reemplazo (Pág. 29)
 - 2.10.3 Análisis de Costos, Presupuestos y Puntos de Equilibrio (Pág. 29)
 - 2.10.4 Análisis de Riesgo e Incertidumbre en Proyectos (Pág. 30)
- 2.11 Simulación de Sistemas Discretos (DSS) (Pág. 30)**
 - 2.11.1 Fundamentos de Modelado de Sistemas Discretos (Pág. 30)
 - 2.11.2 Teoría de Colas y Análisis de Congestión (Pág. 31)
 - 2.11.3 Generación y Análisis de Números Pseudoaleatorios (Pág. 31)
 - 2.11.4 Diseño de Experimentos para Simulación y Análisis de Salida (Pág. 32)
 - 2.11.5 Uso de Software Especializado (Pág. 32)
- 2.12 Investigación de Operaciones y Optimización (ORO) (Pág. 32)**
 - 2.12.1 Programación Lineal y Método Simplex (Pág. 33)
 - 2.12.2 Programación Entera y Mixta (Pág. 33)
 - 2.12.3 Modelos de Redes y Grafos (Pág. 33)
 - 2.12.4 Programación No Lineal (Pág. 34)
 - 2.12.5 Teoría de Juegos y Toma de Decisiones Multicriterio (Pág. 34)
- 2.13 Ciencia de Datos y Analítica Avanzada (DAA) (Pág. 35)**
 - 2.13.1 Minería de Datos y Procesamiento de Grandes Volúmenes (Pág. 35)
 - 2.13.2 Aprendizaje Supervisado (Pág. 35)
 - 2.13.3 Aprendizaje No Supervisado (Pág. 36)
 - 2.13.4 Visualización Avanzada de Datos y Storytelling (Pág. 36)
- 2.14 Sistemas Ciberfísicos e Internet Industrial de las Cosas (IIoT) (Pág. 36)**
 - 2.14.1 Fundamentos de Sensores, Actuadores y Sistemas Embebidos (Pág. 37)

- 2.14.2 Arquitecturas de Plataformas IIoT y Protocolos de Comunicación (Pág. 37)
- 2.14.3 Gemelos Digitales para Modelado y Optimización (Pág. 37)
- 2.14.4 Integración de Sistemas IT/OT (Pág. 38)
- 2.15 Manufactura Aditiva y Digital (DMA) (Pág. 38)**
 - 2.15.1 Tecnologías de Manufactura Aditiva (Pág. 38)
 - 2.15.2 Diseño Generativo y para Fabricación Aditiva (Pág. 39)
 - 2.15.3 Digitalización de Procesos de Manufactura (Pág. 39)
 - 2.15.4 Prototipado Rápido y Fabricación de Series Cortas (Pág. 40)
- 2.16 Robótica Colaborativa y Automatización (ACR) (Pág. 40)**
 - 2.16.1 Fundamentos de Robótica y Cinemática (Pág. 40)
 - 2.16.2 Diseño de Celdas de Manufactura con Cobots (Pág. 41)
 - 2.16.3 Sistemas de Visión Artificial para Inspección y Guiado (Pág. 41)
 - 2.16.4 Automatización de Procesos Robóticos para Funciones Administrativas (Pág. 41)
- 2.17 Ingeniería de la Sostenibilidad y Economía Circular (SCE) (Pág. 42)**
 - 2.17.1 Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono (Pág. 42)
 - 2.17.2 Principios de Economía Circular y Ecodiseño (Pág. 42)
 - 2.17.3 Eficiencia Energética en Sistemas Industriales (Pág. 43)
 - 2.17.4 Gestión de Residuos y Símbiosis Industrial (Pág. 43)
- 2.18 Ciberseguridad Operacional (OCS) (Pág. 44)**
 - 2.18.1 Fundamentos de Ciberseguridad en Sistemas de Control Industrial (Pág. 44)
 - 2.18.2 Identificación de Vulnerabilidades en Entornos OT (Pág. 44)
- 2.18.3 Estrategias de Seguridad para la Cadena de Suministro Digital (Pág. 45)
- 2.18.4 Normativas y Estándares de Ciberseguridad Industrial (Pág. 45)
- 2.19 Gestión de la Innovación y Tecnología (ITM) (Pág. 45)**
 - 2.19.1 Procesos y Modelos de Innovación (Pág. 46)
 - 2.19.2 Gestión de Portafolios de Proyectos de I+D+i (Pág. 46)
 - 2.19.3 Estrategia Tecnológica y Vigilancia Tecnológica (Pág. 46)
 - 2.19.4 Transferencia Tecnológica y Commercialización (Pág. 47)
- 2.20 Analítica de la Cadena de Suministro (SCA) (Pág. 47)**
 - 2.20.1 Pronósticos de Demanda Avanzados usando Machine Learning (Pág. 48)
 - 2.20.2 Optimización de Inventarios con Analítica Predictiva (Pág. 48)
 - 2.20.3 Modelado de Riesgos y Estrategias de Mitigación en la Cadena de Suministro (Pág. 48)
 - 2.20.4 Plataformas de Visibilidad en Tiempo Real y Trazabilidad (Pág. 49)
- 2.21 Industria 5.0 y Sistemas Cognitivos (IFiveC) (Pág. 49)**
 - 2.21.1 Colaboración Humano-Robot Avanzada (Pág. 50)
 - 2.21.2 Personalización Masiva y Fabricación Hiperflexible (Pág. 50)
 - 2.21.3 Sistemas Resilientes y Antifrágiles (Pág. 50)
 - 2.21.4 Inteligencia Artificial Centrada en el Humano (Pág. 51)
- 2.22 Ética, Gobernanza y Sociedad (EGS) (Pág. 51)**
 - 2.22.1 Ética Profesional en Ingeniería (Pág. 51)
 - 2.22.2 Impacto Social y Ambiental de las Tecnologías Emergentes (Pág. 52)
 - 2.22.3 Gobernanza de Datos y Privacidad (Pág. 52)
 - 2.22.4 Responsabilidad Social Corporativa y Sostenibilidad Empresarial (Pág. 52)

2.1. Cálculo y Álgebra Lineal (CLM)

Cubre las herramientas matemáticas fundamentales para el análisis en ingeniería, incluyendo cálculo en una y varias variables, ecuaciones diferenciales, álgebra lineal y series.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.1.1 Cálculo Diferencial e Integral en Una Variable (Pág. 10)			No
2.1.2 Cálculo en Varias Variables (Pág. 11)			No
2.1.3 Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Pág. 11)			No
2.1.4 Álgebra Lineal (Pág. 11)			No
2.1.5 Series y Transformadas (Pág. 12)			No

2.1.1. CLM/Cálculo Diferencial e Integral en Una Variable

Cubre límites, derivadas, integrales y sus aplicaciones en problemas de ingeniería.

Temas:

Core Tier1

- Límites y continuidad de funciones

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Calcular límites y derivadas de funciones algebraicas y trascendentes [Usar]
2. Resolver problemas de optimización utilizando derivadas [Usar]
3. Aplicar integrales para calcular áreas, volúmenes y otras cantidades físicas [Usar]
4. Evaluar integrales definidas e indefinidas utilizando técnicas básicas [Evaluar]

2.1.2. CLM/Cálculo en Varias Variables

Extiende el cálculo a funciones de varias variables, cubriendo derivadas parciales, integrales múltiples y cálculo vectorial.

Temas:

Core Tier1

- Funciones de varias variables y sus gráficas
- Derivadas parciales y el vector gradiente
- Integrales múltiples en coordenadas cartesianas y polares
- Aplicaciones del cálculo multivariable: optimización y cálculo de volúmenes

Core Tier2

- Funciones vectoriales y curvas en el espacio
- Integrales de línea y de superficie

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular derivadas parciales y el gradiente para funciones de varias variables [Usar]
2. Resolver problemas de optimización multivariable con y sin restricciones [Usar]
3. Evaluar integrales dobles y triples [Usar]

Core-Tier2:

4. Comprender los conceptos de campos vectoriales e integrales de línea y superficie [Familiarizarse]

2.1.3. CLM/Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

Introduce la teoría y los métodos de solución para ecuaciones diferenciales ordinarias y su aplicación en el modelado de sistemas de ingeniería.

Temas:

Core Tier1

- Ecuaciones diferenciales de primer orden: separables y lineales
- Ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con coeficientes constantes
- Aplicaciones de las EDOs para modelar sistemas físicos y de ingeniería

Core Tier2

- Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales
- Solución de ecuaciones diferenciales usando transformadas de Laplace

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden analíticamente [Usar]
2. Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de segundo orden [Usar]
3. Modelar sistemas dinámicos simples utilizando ecuaciones diferenciales ordinarias [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Aplicar la transformada de Laplace para resolver problemas de valor inicial [Usar]

2.1.4. CLM/Álgebra Lineal

Cubre álgebra matricial, determinantes, espacios vectoriales y sistemas de ecuaciones lineales, fundamentales para la optimización y el análisis de datos.

Temas:

Core Tier1

- Operaciones y propiedades de matrices
- Sistemas de ecuaciones lineales y eliminación gaussiana
- Determinantes y sus propiedades

- Espacios vectoriales, subespacios e independencia lineal

Core Tier2

- Valores propios y vectores propios
- Transformaciones lineales y sus representaciones matriciales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Realizar operaciones matriciales y calcular determinantes [Usar]
2. Resolver sistemas de ecuaciones lineales usando diversos métodos [Usar]
3. Comprender los conceptos de espacios vectoriales e independencia lineal [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Calcular valores y vectores propios y comprender sus aplicaciones [Usar]

2.1.5. CLM/Series y Transformadas

Cubre series infinitas, series de potencia y transformadas integrales como Laplace y Fourier, utilizadas para resolver ecuaciones diferenciales y análisis de señales.

Temas:**Core Tier1**

- Series infinitas y pruebas de convergencia
- Series de potencia y series de Taylor
- Transformada de Laplace: definición y propiedades básicas
- Series de Fourier: representación de funciones periódicas

Core Tier2

- Transformada de Fourier y sus aplicaciones

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Determinar la convergencia de series infinitas [Usar]
2. Encontrar la representación en serie de Taylor de una función [Usar]
3. Calcular la transformada de Laplace de funciones básicas y usarla para resolver EDOs [Usar]

Core-Tier2:

4. Comprender los principios y aplicaciones de la transformada de Fourier [Familiarizarse]

2.2. Física para Ingeniería (EPH)

Aplica los principios de la mecánica, termodinámica, ondas y electromagnetismo para analizar y resolver problemas de ingeniería.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.2.1 Mecánica Clásica (Pág. 13)			No
2.2.2 Termodinámica y Transferencia de Calor (Pág. 13)			No
2.2.3 Oscilaciones, Ondas y Acústica (Pág. 13)			No
2.2.4 Electricidad y Magnetismo (Pág. 14)			No

2.2.1. EPH/Mecánica Clásica

Cubre el movimiento de los cuerpos bajo la acción de fuerzas, incluyendo cinemática, dinámica y leyes de conservación.

Temas:

Core Tier1

- Cinemática de partículas: movimiento en una y dos dimensiones
- Leyes del movimiento de Newton y sus aplicaciones
- Trabajo, energía y potencia
- Momento lineal, impulso y leyes de conservación

Core Tier2

- Dinámica rotacional y momento angular

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Resolver problemas que involucran fuerza, movimiento y energía en sistemas mecánicos [Usar]
2. Aplicar las leyes de Newton para analizar sistemas estáticos y dinámicos [Evaluar]
3. Calcular trabajo, energía cinética y potencial en campos conservativos y no conservativos [Usar]

Core-Tier2:

4. Analizar sistemas que involucran movimiento rotacional y momento angular [Usar]

2.2.2. EPH/Termodinámica y Transferencia de Calor

Estudia las leyes de la termodinámica, las máquinas térmicas y los mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección, radiación).

Temas:

Core Tier1

- Leyes de la termodinámica: cero, primera y segunda
- Máquinas térmicas, refrigeradores y el ciclo de Carnot
- Modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación

Core Tier2

- Psicrometría y principios de HVAC

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar la primera y segunda ley de la termodinámica a sistemas cerrados y abiertos [Usar]
2. Analizar el rendimiento de máquinas térmicas y ciclos de refrigeración [Evaluar]
3. Resolver problemas básicos de transferencia de calor que involucren conducción y convección [Usar]

Core-Tier2:

4. Comprender los principios básicos de la psicrometría y su aplicación en HVAC [Familiarizarse]

2.2.3. EPH/Oscilaciones, Ondas y Acústica

Cubre el movimiento armónico simple, ondas mecánicas, sonido y principios acústicos.

Temas:

Core Tier1

- Movimiento armónico simple: sistemas masa-resorte y péndulos
- Movimiento ondulatorio: tipos, propiedades y la ecuación de onda
- Ondas sonoras: intensidad, frecuencia y efecto Doppler

Core Tier2

- Acústica en entornos industriales y control de ruido

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Describir el movimiento de sistemas oscilantes utilizando los principios del movimiento armónico simple [Usar]
2. Analizar propiedades de las ondas como superposición, reflexión y ondas estacionarias [Usar]
3. Resolver problemas relacionados con la intensidad del sonido, nivel y efecto Doppler [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Aplicar principios básicos de acústica al control de ruido industrial [Familiarizarse]

2.2.4. EPH/Electricidad y Magnetismo

Cubre campos eléctricos y magnéticos, circuitos, inducción electromagnética y componentes eléctricos básicos.

Temas:**Core Tier1**

- Carga eléctrica, campo y potencial
- Capacitancia, resistencia e inductancia
- Análisis de circuitos DC y AC
- Campos y fuerzas magnéticas

Core Tier2

- Inducción electromagnética y ley de Faraday

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Calcular campos y potenciales eléctricos para distribuciones de carga simples [Usar]
2. Analizar circuitos simples DC y AC usando las leyes de Kirchhoff [Usar]
3. Comprender el comportamiento de los elementos básicos de circuitos (R, L, C) [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Aplicar la ley de Faraday para resolver problemas que involucren inducción electromagnética [Usar]

2.3. Ciencia de Materiales y Química (MSC)

Cubre la relación entre la estructura, propiedades y procesamiento de materiales, incluyendo metales, polímeros, compuestos y su degradación.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.3.1 Estructura y Propiedades de los Materiales (Pág. 14)			No
2.3.2 Termodinámica Química y Cinética (Pág. 15)			No
2.3.3 Materiales Metálicos, Poliméricos y Compuestos (Pág. 15)			No
2.3.4 Corrosión y Degrado de Materiales (Pág. 16)			No

2.3.1. MSC/Estructura y Propiedades de los Materiales

Examina el enlace atómico, estructuras cristalinas, defectos y las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de los materiales.

Temas:**Core Tier1**

- Estructura atómica y enlace interatómico

- Estructuras cristalinas y cristalográfica
- Defectos en sólidos: puntuales, lineales y planares
- Propiedades mecánicas: esfuerzo, deformación, elasticidad y resistencia

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Relacionar el enlace atómico y la estructura cristalina con las propiedades macroscópicas de los materiales [Familiarizarse]
2. Interpretar curvas de esfuerzo-deformación para diferentes materiales [Usar]
3. Identificar el papel de los defectos cristalinos en las propiedades de los materiales [Evaluar]

2.3.2. MSC/Termodinámica Química y Cinética

Aplica principios termodinámicos y cinética de reacciones a procesos de materiales, incluyendo equilibrios y transformaciones de fase.

Temas:**Core Tier1**

- Energía libre de Gibbs y equilibrio químico
- Diagramas de fases y transformaciones de fase
- Cinética de reacciones y leyes de velocidad

Core Tier2

- Difusión en sólidos y leyes de Fick

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Usar diagramas de fases para predecir la estabilidad de fases y la microestructura [Usar]
2. Aplicar los principios de la termodinámica química a sistemas de materiales [Evaluar]
3. Analizar la cinética de reacciones químicas simples [Usar]

Core-Tier2:

4. Resolver problemas simples de difusión usando las leyes de Fick [Familiarizarse]

2.3.3. MSC/Materiales Metálicos, Poliméricos y Compuestos

Cubre el procesamiento, estructura, propiedades y aplicaciones de las principales clases de materiales de ingeniería.

Temas:**Core Tier1**

- Metales y aleaciones: ferrosos y no ferrosos
- Polímeros: termoplásticos, termoestables y elastómeros
- Materiales compuestos: tipos, propiedades y regla de las mezclas

Core Tier2

- Cerámicos y vidrios: estructura y propiedades

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Comparar y contrastar las propiedades y aplicaciones de metales, polímeros y compuestos [Familiarizarse]
2. Seleccionar materiales apropiados para una aplicación de ingeniería dada basándose en sus propiedades [Evaluar]
3. Predecir las propiedades aproximadas de un material compuesto usando la regla de las mezclas [Usar]

2.3.4. MSC/Corrosión y Degrado de Materiales

Estudia la degradación química y electroquímica de los materiales y los métodos para su prevención y control.

Temas:

Core Tier1

- Principios electroquímicos de la corrosión
- Tipos de corrosión: uniforme, galvánica, por picaduras y por hendidura
- Métodos de prevención de corrosión: selección de materiales, recubrimientos y protección catódica

Core Tier2

- Degrado de polímeros y cerámicos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los mecanismos electroquímicos de los diferentes tipos de corrosión [Familiarizarse]
2. Proponer estrategias apropiadas de prevención de corrosión para un entorno dado [Evaluar]

Core-Tier2:

3. Identificar los principales mecanismos de degradación para materiales no metálicos [Familiarizarse]

2.4. Fundamentos de Ciencia de la Computación (CSF)

Cubre los principios fundamentales de la computación, incluyendo diseño de algoritmos, estructuras de datos, programación y complejidad computacional.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.4.1 Algoritmos y Lógica de Programación (Pág. 16)			No
2.4.2 Estructuras de Datos Fundamentales (Pág. 17)			No
2.4.3 Programación en un Lenguaje de Alto Nivel (Pág. 17)			No
2.4.4 Complejidad Computacional y Eficiencia de Algoritmos (Pág. 17)			No

2.4.1. CSF/Algoritmos y Lógica de Programación

Se enfoca en estrategias de resolución de problemas, desarrollo de algoritmos y el uso de constructos lógicos en programación.

Temas:

Core Tier1

- Estrategias de resolución de problemas y desarrollo de algoritmos
- Estructuras de control: secuencia, selección e iteración
- Funciones, parámetros y alcance
- Representación de algoritmos: pseudocódigo y diagramas de flujo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar algoritmos para resolver problemas simples de ingeniería usando pseudocódigo o diagramas de flujo [Usar]
2. Implementar estructuras de control y funciones en un lenguaje de alto nivel [Usar]
3. Trazar la ejecución de algoritmos para verificar su corrección [Evaluar]

2.4.2. CSF/Estructuras de Datos Fundamentales

Cubre la implementación, operación y aplicación de estructuras de datos básicas como arreglos, listas, pilas y colas.

Temas:

Core Tier1

- Arreglos y arreglos multidimensionales
- Listas enlazadas: simplemente y doblemente enlazadas
- Pilas y colas: implementación y aplicaciones

Core Tier2

- Árboles y árboles de búsqueda binaria

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Seleccionar la estructura de datos apropiada (arreglo, lista, pila, cola) para un problema dado [Usar]
2. Implementar estructuras de datos fundamentales en código [Usar]
3. Comparar el rendimiento de diferentes estructuras de datos para operaciones comunes [Evaluar]

2.4.3. CSF/Programación en un Lenguaje de Alto Nivel

Proporciona habilidades prácticas en un lenguaje de programación específico (ej. Python, C++) para implementar algoritmos y resolver problemas computacionales.

Temas:

Core Tier1

- Sintaxis y semántica de un lenguaje de alto nivel
- Tipos de datos, variables y expresiones
- Operaciones de entrada y salida
- Técnicas de depuración y pruebas

Core Tier2

- Uso de librerías y módulos externos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Escribir, compilar y ejecutar programas simples en un lenguaje de alto nivel [Usar]
2. Aplicar técnicas de depuración para identificar y corregir errores en el código [Usar]
3. Desarrollar programas que usen estructuras de datos fundamentales y flujo de control [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Utilizar librerías externas para extender la funcionalidad del programa [Usar]

2.4.4. CSF/Complejidad Computacional y Eficiencia de Algoritmos

Introduce el análisis de la eficiencia de algoritmos usando la notación Big O y el concepto de clases de complejidad computacional.

Temas:

Core Tier1

- Análisis de complejidad temporal y espacial
- Notación Big O y comportamiento asintótico
- Clases de complejidad: constante, lineal, cuadrática, logarítmica

Core Tier2

- Estrategias de diseño de algoritmos: fuerza bruta, voraces y divide y vencerás

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar el concepto de eficiencia algorítmica y por qué es importante [Familiarizarse]
2. Determinar la complejidad temporal de algoritmos simples usando la notación Big O [Usar]
3. Comparar la eficiencia de diferentes algoritmos para la misma tarea [Evaluar]

2.5. Estadística y Probabilidad (STP)

Cubre los principios y métodos para el análisis de datos, teoría de la probabilidad, inferencia estadística y regresión, permitiendo la toma de decisiones basada en datos en contextos industriales.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.5.1 Estadística Descriptiva y Visualización de Datos (Pág. 18)			No
2.5.2 Teoría de la Probabilidad y Distribuciones (Pág. 18)			No
2.5.3 Inferencia Estadística (Pág. 19)			No
2.5.4 Análisis de Regresión y Correlación (Pág. 19)			No

2.5.1. STP/Estadística Descriptiva y Visualización de Datos

Cubre técnicas para resumir, describir y visualizar conjuntos de datos para extraer insights y patrones iniciales.

Temas:

Core Tier1

- Medidas de tendencia central: media, mediana y moda
- Medidas de dispersión: rango, varianza, desviación estándar y RIC
- Visualización de datos: histogramas, diagramas de caja, diagramas de dispersión y gráficos de barras
- Principios del Análisis Exploratorio de Datos (AED)

Core Tier2

- Sesgo, curtosis y momentos de una distribución

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Calcular e interpretar medidas de tendencia central y dispersión para un conjunto de datos dado [Usar]
2. Crear visualizaciones apropiadas para representar diferentes tipos de datos e identificar patrones [Usar]
3. Realizar un Análisis Exploratorio de Datos para resumir las principales características de un conjunto de datos [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Interpretar momentos de orden superior como el sesgo y la curtosis para describir la forma de una distribución [Familiarizarse]

2.5.2. STP/Teoría de la Probabilidad y Distribuciones

Introduce los conceptos fundamentales de probabilidad, variables aleatorias y distribuciones de probabilidad tanto discretas como continuas.

Temas:

Core Tier1

- Reglas básicas de probabilidad: axiomas, probabilidad condicional e independencia
- Variables aleatorias: discretas y continuas
- Distribuciones de probabilidad discretas: Binomial y Poisson
- Distribuciones de probabilidad continuas: Normal, Exponencial y Uniforme

Core Tier2

- Distribuciones conjuntas, covarianza y correlación
- Teorema del Límite Central y sus aplicaciones

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Aplicar reglas de probabilidad para resolver problemas que involucren incertidumbre [Usar]
2. Calcular probabilidades, valores esperados y varianzas para distribuciones discretas y continuas comunes [Usar]
3. Seleccionar una distribución de probabilidad apropiada para modelar un escenario del mundo real dado [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Usar conceptos de distribuciones conjuntas para analizar relaciones entre dos variables aleatorias [Usar]
5. Explicar las implicaciones del Teorema del Límite Central en la inferencia estadística [Familiarizarse]

2.5.3. STP/Inferencia Estadística

Cubre los métodos para sacar conclusiones sobre poblaciones a partir de datos muestrales, incluyendo estimación y pruebas de hipótesis.

Temas:**Core Tier1**

- Distribuciones muestrales y el concepto de estadístico
- Estimación puntual y propiedades de los estimadores
- Intervalos de confianza para medias y proporciones
- Pruebas de hipótesis: hipótesis nula y alternativa, valores p, nivel de significancia
- Pruebas para una y dos muestras (pruebas t, pruebas z)

Core Tier2

- Análisis de Varianza (ANOVA) para comparar múltiples medias
- Pruebas no paramétricas: Chi-cuadrada y Mann-Whitney

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Construir e interpretar intervalos de confianza para parámetros poblacionales [Usar]
2. Formular y conducir una prueba de hipótesis para un parámetro poblacional único [Usar]
3. Interpretar valores p y sacar conclusiones en el contexto de una prueba de hipótesis [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Realizar un ANOVA unidireccional para probar diferencias entre varias medias grupales [Usar]
5. Seleccionar y aplicar una prueba no paramétrica cuando no se cumplen los supuestos paramétricos [Familiarizarse]

2.5.4. STP/Análisis de Regresión y Correlación

Se enfoca en modelar la relación entre variables usando regresión lineal simple y múltiple, y evaluando la fuerza de las asociaciones.

Temas:**Core Tier1**

- Diagramas de dispersión y coeficiente de correlación
- Regresión lineal simple: ajuste del modelo e interpretación
- Regresión lineal múltiple: concepto e interpretación de coeficientes

- Supuestos del modelo de regresión lineal
- Medidas de bondad de ajuste: R-cuadrada y R-cuadrada ajustada

Core Tier2

- Análisis de residuales y diagnósticos
- Selección de modelos y multicolinealidad

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Calcular e interpretar el coeficiente de correlación entre dos variables [Usar]
2. Ajustar un modelo de regresión lineal simple e interpretar la pendiente y el intercepto [Usar]
3. Evaluar la bondad de ajuste de un modelo de regresión usando R-cuadrada [Evaluar]
4. Enumerar y explicar los supuestos clave de la regresión lineal [Familiarizarse]

Core-Tier2:

5. Realizar análisis de residuales para verificar violaciones de los supuestos de regresión [Usar]
6. Comparar y seleccionar entre múltiples modelos de regresión [Evaluar]

2.6. Gestión de Operaciones (OPM)

Cubre el diseño, planificación, control y mejora de procesos de manufactura y servicios para asegurar eficiencia y efectividad.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.6.1 Diseño y Análisis de Procesos de Negocio (Pág. 20)			No
2.6.2 Pronósticos de Demanda (Pág. 21)			No
2.6.3 Planificación Agregada y Programación Maestra de la Producción (Pág. 21)			No
2.6.4 Sistemas de Planificación de Requerimiento de Materiales y Capacidad (Pág. 21)			No
2.6.5 Sistemas de Producción Esbeltos y Teoría de Restricciones (Pág. 22)			No
2.6.6 Gestión de Inventarios y Modelos de Loteo (Pág. 22)			No

2.6.1. OPM/Diseño y Análisis de Procesos de Negocio

Se enfoca en diseñar y analizar procesos de negocio, incluyendo diagramas de flujo, análisis de capacidad e identificación de cuellos de botella.

Temas:**Core Tier1**

- Mapeo de procesos y diagramas de flujo
- Ley de Little y métricas de flujo de procesos
- Análisis de cuellos de botella y teoría de restricciones
- Análisis de capacidad y utilización

Core Tier2

- Tipos de procesos: proyecto, taller job shop, por lotes, línea de ensamble, continuo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Crear mapas de procesos para documentar y analizar flujos de trabajo [Usar]
2. Aplicar la Ley de Little para calcular métricas de rendimiento de procesos [Usar]
3. Identificar y analizar cuellos de botella en un proceso [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Comparar diferentes tipos de procesos y sus implicaciones estratégicas [Familiarizarse]

2.6.2. OPM/Pronósticos de Demanda

Cubre métodos cuantitativos y cualitativos para predecir la demanda futura y apoyar la planificación operativa.

Temas:

Core Tier1

- Análisis de series de tiempo: nivel, tendencia y estacionalidad
- Métodos de pronóstico: promedios móviles y suavización exponencial
- Medición del error de pronóstico: MAD, MSE, MAPE

Core Tier2

- Modelos causales y regresión para pronósticos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular pronósticos usando promedios móviles y suavización exponencial [Usar]
2. Evaluar la precisión del pronóstico usando diferentes métricas de error [Evaluar]
3. Identificar patrones en datos de series de tiempo [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Desarrollar un modelo de pronóstico causal usando regresión lineal simple [Usar]

2.6.3. OPM/Planificación Agregada y Programación Maestra de la Producción

Cubre la planificación de capacidad a mediano plazo y el desarrollo del programa maestro de producción para satisfacer la demanda.

Temas:

Core Tier1

- Estrategias de planificación agregada: nivel, persecución e híbrida
- Desarrollo del Programa Maestro de Producción (MPS)
- Planificación de capacidad aproximada (RCCP)

Core Tier2

- Disponible-Para-Prometer (ATP) y Capaz-Para-Prometer (CTP)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Desarrollar un plan agregado usando diferentes estrategias [Usar]
2. Crear un Programa Maestro de Producción para una familia de productos [Evaluar]
3. Realizar planificación de capacidad aproximada para validar un MPS [Usar]

Core-Tier2:

4. Aplicar los conceptos de ATP y CTP para la promesa de pedidos [Familiarizarse]

2.6.4. OPM/Sistemas de Planificación de Requerimiento de Materiales y Capacidad

Cubre el sistema MRP para planificar necesidades de materiales y CRP para verificar la disponibilidad de capacidad de producción.

Temas:

Core Tier1

- Entradas del sistema MRP: MPS, lista de materiales, registros de inventario
- Lógica del MRP: requerimientos brutos y netos, liberaciones de órdenes planificadas
- Planificación de Requerimientos de Capacidad (CRP)

Core Tier2

- MRP II y MRP de ciclo cerrado

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar las entradas, procesamiento y salidas de un sistema MRP [Usar]
2. Calcular requerimientos de materiales usando la lógica MRP [Usar]
3. Analizar los requerimientos de capacidad basados en un plan de materiales [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir la evolución de MRP a MRP II y ERP [Familiarizarse]

2.6.5. OPM/Sistemas de Producción Esbeltos y Teoría de Restricciones

Cubre los principios de la producción Lean para la eliminación de desperdicios y la Teoría de Restricciones para la optimización de sistemas.

Temas:**Core Tier1**

- Principios Lean y los siete desperdicios (Muda)
- Teoría de Restricciones (TOC) y los cinco pasos de enfoque
- Justo a Tiempo (JIT) y sistemas de producción pull
- Mapeo de la cadena de valor (VSM)

Core Tier2

- Cálculo del tiempo takt y balanceo de líneas

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Identificar los siete desperdicios en un proceso de producción o servicio [Familiarizarse]
2. Aplicar los cinco pasos de enfoque de TOC para mejorar un sistema [Usar]
3. Crear un mapa de la cadena de valor del estado actual [Usar]

Core-Tier2:

4. Calcular el tiempo takt y balancear una línea de producción [Usar]

2.6.6. OPM/Gestión de Inventarios y Modelos de Loteo

Cubre la clasificación de inventarios, costos y modelos cuantitativos para determinar cantidades óptimas de pedido.

Temas:**Core Tier1**

- Tipos y funciones del inventario: materias primas, WIP, productos terminados
- Análisis ABC para clasificación de inventarios
- Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ)
- Modelos de punto de reorden y stock de seguridad

Core Tier2

- Técnicas de dimensionamiento de lotes: lote por lote, cantidad fija de pedido, cantidad de pedido por período

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Realizar un análisis ABC para clasificar ítems de inventario [Usar]
2. Calcular el EOQ y los costos totales relevantes para un ítem de inventario [Usar]
3. Determinar el punto de reorden y el nivel de stock de seguridad para un nivel de servicio deseado [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Comparar diferentes técnicas de dimensionamiento de lotes y sus implicaciones [Familiarizarse]

2.7. Cadena de Suministro y Logística (SCL)

Cubre el diseño, planificación y gestión de la cadena de suministro de extremo a extremo, incluyendo transporte, almacenamiento y gestión de relaciones.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.7.1 Estrategia y Diseño de la Red de la Cadena de Suministro (Pág. 23)			No
2.7.2 Gestión del Transporte y Almacenamiento (Pág. 23)			No
2.7.3 Gestión de Relaciones con Proveedores y Clientes (Pág. 24)			No
2.7.4 Logística Inversa y Gestión de Devoluciones (Pág. 24)			No

2.7.1. SCL/Estrategia y Diseño de la Red de la Cadena de Suministro

Se enfoca en el diseño estratégico de la cadena de suministro, incluyendo ubicación de instalaciones, configuración de red y planificación de capacidad.

Temas:

Core Tier1

- Estrategias de cadena de suministro: lean, ágil y híbrida
- Análisis de ubicación de instalaciones y métodos
- Diseño de red: distribución centralizada vs. descentralizada

Core Tier2

- Diseño de cadena de suministro global y consideraciones de riesgo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Comparar diferentes estrategias de cadena de suministro y sus contextos apropiados [Familiarizarse]
2. Aplicar técnicas de ubicación de instalaciones a un problema simple de diseño de red [Usar]
3. Evaluar las compensaciones en diseños de red centralizados vs. descentralizados [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Identificar riesgos y desafíos en el diseño de cadenas de suministro globales [Familiarizarse]

2.7.2. SCL/Gestión del Transporte y Almacenamiento

Cubre la gestión de modos de transporte, operaciones de almacenamiento y gestión de centros de distribución.

Temas:

Core Tier1

- Modos de transporte y sus características
- Diseño de almacenes y sistemas de almacenamiento
- Estrategias de picking y packing de pedidos

Core Tier2

- Estrategias de cross-docking y consolidación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir las ventajas y desventajas de los diferentes modos de transporte [Familiarizarse]
2. Diseñar un layout básico de almacén para un flujo eficiente de materiales [Usar]
3. Comparar diferentes estrategias de picking de pedidos [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar los beneficios y aplicaciones del cross-docking [Familiarizarse]

2.7.3. SCL/Gestión de Relaciones con Proveedores y Clientes

Cubre la gestión estratégica de relaciones con proveedores (SRM) y clientes (CRM) para mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

Temas:

Core Tier1

- Criterios de selección y evaluación de proveedores
- Estrategias de Gestión de Relaciones con Proveedores (SRM)
- Conceptos de Gestión de Relaciones con Clientes (CRM)

Core Tier2

- Planificación, Pronóstico y Reabastecimiento Colaborativo (CPFR)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Desarrollar criterios para la selección y evaluación del desempeño de proveedores [Usar]
2. Explicar los componentes clave de SRM y CRM [Familiarizarse]
3. Analizar el impacto de las relaciones con proveedores y clientes en el desempeño de la cadena de suministro [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir el proceso CPFR y sus beneficios [Familiarizarse]

2.7.4. SCL/Logística Inversa y Gestión de Devoluciones

Cubre la gestión de devoluciones de productos, reciclaje, remanufactura y procesos de disposición.

Temas:

Core Tier1

- Procesos y desafíos de la logística inversa
- Gestión de devoluciones y opciones de disposición
- Logística verde y regulaciones ambientales

Core Tier2

- Procesos de remanufactura y reacondicionamiento

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los procesos clave y desafíos en la logística inversa [Familiarizarse]
2. Diseñar un proceso básico de gestión de devoluciones [Usar]
3. Evaluar el impacto ambiental de las decisiones de logística inversa [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar el papel de la remanufactura en una economía circular [Familiarizarse]

2.8. Ingeniería de la Calidad y Six Sigma (QSE)

Cubre los principios y herramientas para la gestión de calidad, control estadístico de procesos y metodologías estructuradas para la mejora de procesos como Six Sigma.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.8.1 Principios de la Gestión de la Calidad Total (Pág. 25)			No
2.8.2 Control Estadístico de Procesos y Cartas de Control (Pág. 25)			No
2.8.3 Metodología DMAIC para la Mejora de Procesos (Pág. 25)			No
2.8.4 Técnicas para el Diseño de Experimentos (Pág. 26)			No
2.8.5 Análisis de Capacidad de Procesos (Pág. 26)			No

2.8.1. QSE/Principios de la Gestión de la Calidad Total

Cubre los principios fundamentales de TQM, incluyendo enfoque al cliente, mejora continua y el papel del liderazgo en la gestión de calidad.

Temas:

Core Tier1

- Filosofía TQM y principios fundamentales
- Gurús de la calidad: Deming, Juran, Crosby
- Mejora continua (Kaizen)

Core Tier2

- Premios y marcos de calidad: Baldrige, EFQM

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los principios fundamentales de la Gestión de Calidad Total [Familiarizarse]
2. Comparar las contribuciones de los principales gurús de la calidad [Familiarizarse]
3. Aplicar el concepto de mejora continua a un proceso simple [Usar]

Core-Tier2:

4. Describir los criterios de los principales premios de calidad [Familiarizarse]

2.8.2. QSE/Control Estadístico de Procesos y Cartas de Control

Cubre el uso de métodos estadísticos, particularmente cartas de control, para monitorear y controlar un proceso y asegurar que opere en su máximo potencial.

Temas:

Core Tier1

- Cartas de control para variables: cartas X-barra y R
- Cartas de control para atributos: cartas p y c
- Análisis de capacidad de procesos: Cp, Cpk

Core Tier2

- Otras cartas de control: promedio móvil, cartas de individuos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir e interpretar cartas de control X-barra y R [Usar]
2. Calcular índices de capacidad de proceso (Cp, Cpk) e interpretar su significado [Usar]
3. Identificar patrones fuera de control en una carta de control [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Seleccionar una carta de control apropiada para un proceso y tipo de datos dado [Familiarizarse]

2.8.3. QSE/Metodología DMAIC para la Mejora de Procesos

Cubre la metodología estructurada de cinco fases DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) utilizada en Six Sigma para la mejora de procesos.

Temas:

Core Tier1

- Fase Definir: carta de proyecto, VOC, SIPOC
- Fase Medir: plan de recolección de datos, desempeño base
- Fase Analizar: análisis de causa raíz, pruebas de hipótesis
- Fase Mejorar: generación e implementación de soluciones
- Fase Controlar: plan de control, estandarización

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir el propósito y resultados clave de cada fase DMAIC [Familiarizarse]
2. Desarrollar una carta de proyecto para un proyecto Six Sigma [Usar]
3. Crear un diagrama SIPOC para un proceso [Usar]
4. Aplicar herramientas de análisis de causa raíz (ej. 5 Porqués, Espina de Pescado) en la fase Analizar [Evaluar]

2.8.4. QSE/Técnicas para el Diseño de Experimentos

Cubre los principios y métodos de experimentos diseñados para investigar sistemáticamente la relación entre factores y salidas de procesos.

Temas:

Core Tier1

- Principios básicos de DOE: factores, niveles, respuestas
- Diseños factoriales completos
- Diseños factoriales fraccionales

Core Tier2

- Metodología de Superficie de Respuesta (RSM)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar la terminología básica y el propósito del Diseño de Experimentos [Familiarizarse]
2. Diseñar un experimento factorial completo simple de dos niveles [Usar]
3. Analizar los resultados de un experimento factorial para identificar factores significativos [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir el concepto y aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta [Familiarizarse]

2.8.5. QSE/Análisis de Capacidad de Procesos

Se enfoca en cuantificar la capacidad de un proceso para producir salidas dentro de límites específicos, usando índices estadísticos.

Temas:

Core Tier1

- Conceptos de capacidad de proceso: voz del proceso vs. voz del cliente
- Índices de capacidad: Cp, Cpk, Pp, Ppk
- Capacidad de proceso para distribuciones no normales

Core Tier2

- Análisis de capacidad a largo plazo vs. corto plazo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular e interpretar los índices Cp y Cpk [Usar]
2. Distinguir entre Cp/Cpk y Pp/Ppk y su uso apropiado [Evaluar]
3. Seleccionar métodos apropiados para evaluar la capacidad para datos no normales [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Explicar la diferencia entre la capacidad de proceso a largo y corto plazo [Familiarizarse]

2.9. Ergonomía y Factores Humanos (ERG)

Cubre la aplicación del conocimiento sobre las capacidades y limitaciones humanas al diseño de lugares de trabajo, productos y sistemas para seguridad y desempeño.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.9.1 Ergonomía Física (Pág. 27)			No
2.9.2 Ergonomía Cognitiva (Pág. 27)			No
2.9.3 Ergonomía Organizacional (Pág. 28)			No
2.9.4 Métodos de Estudio del Trabajo (Pág. 28)			No

2.9.1. ERG/Ergonomía Física

Se enfoca en la interacción física entre los humanos y su entorno de trabajo, incluyendo antropometría, biomecánica y fisiología del trabajo.

Temas:

Core Tier1

- Antropometría y su aplicación en el diseño de lugares de trabajo
- Biomecánica: postura, manejo manual de materiales, movimientos repetitivos
- Fisiología del trabajo y gasto energético

Core Tier2

- Herramientas de evaluación de carga física de trabajo (ej. Ecuación de Levantamiento NIOSH)

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Aplicar datos antropométricos para diseñar una estación de trabajo para una población objetivo [Usar]
2. Identificar factores de riesgo para trastornos musculoesqueléticos en una tarea de trabajo [Evaluar]
3. Explicar los principios básicos de la fisiología del trabajo [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Usar la Ecuación de Levantamiento NIOSH para evaluar una tarea de levantamiento manual [Usar]

2.9.2. ERG/Ergonomía Cognitiva

Se enfoca en procesos mentales como percepción, memoria, razonamiento y respuesta motora que afectan las interacciones entre humanos y elementos del sistema.

Temas:

Core Tier1

- Carga mental y conciencia situacional
- Principios de interacción humano-computadora (HCI)
- Procesamiento de información y toma de decisiones

Core Tier2

- Diseño de interfaz de usuario y experiencia de usuario (UI/UX)

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Describir los factores clave que influyen en la carga mental [Familiarizarse]
2. Aplicar principios básicos de interacción humano-computadora al diseño de interfaces [Usar]
3. Analizar una tarea simple desde una perspectiva de procesamiento de información [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Discutir la relación entre el diseño de UI y UX [Familiarizarse]

2.9.3. ERG/Ergonomía Organizacional

Se enfoca en la optimización de sistemas sociotécnicos, incluyendo sus estructuras organizacionales, políticas y procesos.

Temas:

Core Tier1

- Diseño del lugar de trabajo para comunicación y colaboración
- Trabajo por turnos y diseño de horarios de trabajo
- Dinámica de equipos y ergonomía participativa

Core Tier2

- Macroergonomía y enfoque de sistemas

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar el impacto de las estructuras organizacionales en el desempeño humano [Familiarizarse]
2. Diseñar un horario de trabajo que considere principios de factores humanos [Usar]
3. Evaluar la efectividad de las estructuras de trabajo basadas en equipos [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir el enfoque macroergonómico para el diseño de sistemas [Familiarizarse]

2.9.4. ERG/Métodos de Estudio del Trabajo

Cubre técnicas para análisis de métodos y medición de tiempos para mejorar la eficiencia del trabajo, incluyendo MTM y MOST.

Temas:

Core Tier1

- Estudio de tiempos y medición del trabajo
- Estudio de métodos y análisis de procesos
- Sistemas de tiempos predeterminados: MTM (Medición de Tiempos-Métodos)

Core Tier2

- MOST (Técnica de Secuencia de Operaciones Maynard)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Realizar un estudio de tiempos básico para establecer un tiempo estándar [Usar]
2. Realizar un estudio de métodos para mejorar un método de trabajo [Usar]
3. Explicar los principios y aplicación de MTM [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Describir la estructura y ventajas del sistema MOST [Familiarizarse]

2.10. Ingeniería Económica y Análisis Financiero (FIE)

Cubre el análisis económico de proyectos de ingeniería, incluyendo valor del dinero en el tiempo, análisis de costos, evaluación de inversiones y análisis de riesgo.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.10.1 Valor del Dinero en el Tiempo (Pág. 29)			No
2.10.2 Análisis de Alternativas de Inversión y Reemplazo (Pág. 29)			No
2.10.3 Análisis de Costos, Presupuestos y Puntos de Equilibrio (Pág. 29)			No
2.10.4 Análisis de Riesgo e Incertidumbre en Proyectos (Pág. 30)			No

2.10.1. FIE/Valor del Dinero en el Tiempo

Cubre los conceptos fundamentales de equivalencia, diagramas de flujo de caja y técnicas para comparar el valor económico de flujos de caja a través del tiempo.

Temas:

Core Tier1

- Diagramas de flujo de caja y equivalencia
- Análisis de valor presente (VP) y valor futuro (VF)
- Análisis de valor anual (VA)
- Tasa de retorno (TIR) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Core Tier2

- Análisis del período de recuperación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir e interpretar diagramas de flujo de caja [Usar]
2. Calcular valor presente, futuro y anual para una serie de flujos de caja [Usar]
3. Comparar alternativas de proyecto usando los métodos VP, VA y TIR [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Calcular e interpretar el período de recuperación para una inversión [Familiarizarse]

2.10.2. FIE/Análisis de Alternativas de Inversión y Reemplazo

Cubre la evaluación de proyectos de inversión de capital, incluyendo el análisis de alternativas mutuamente excluyentes y decisiones de reemplazo.

Temas:

Core Tier1

- Análisis de alternativas mutuamente excluyentes
- Análisis de reemplazo: defensor vs. retador
- Análisis incremental para comparación de TIR

Core Tier2

- Costo de ciclo de vida

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar métodos de valor presente y valor anual a alternativas mutuamente excluyentes [Usar]
2. Realizar un análisis de reemplazo para decidir entre mantener o reemplazar un activo [Evaluar]
3. Realizar un análisis incremental de tasa de retorno [Usar]

Core-Tier2:

4. Explicar el concepto e importancia del costo de ciclo de vida [Familiarizarse]

2.10.3. FIE/Análisis de Costos, Presupuestos y Puntos de Equilibrio

Cubre conceptos de costos, estimación de costos, presupuestos y análisis de punto de equilibrio para decisiones de ingeniería y negocios.

Temas:

Core Tier1

- Conceptos de costos: fijos, variables, directos, indirectos, hundidos
- Técnicas de estimación de costos
- Análisis de punto de equilibrio

Core Tier2

- Presupuestos y presupuesto de capital

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Definir y clasificar diferentes tipos de costos [Familiarizarse]
2. Estimar costos para un proyecto de ingeniería simple [Usar]
3. Realizar un análisis de punto de equilibrio para un producto o servicio [Usar]

Core-Tier2:

4. Describir el proceso de presupuesto de capital [Familiarizarse]

2.10.4. FIE/Análisis de Riesgo e Incertidumbre en Proyectos

Cubre técnicas para analizar e incorporar riesgo e incertidumbre en decisiones económicas de ingeniería.

Temas:**Core Tier1**

- Análisis de sensibilidad
- Análisis de escenarios
- Valor esperado y árboles de decisión

Core Tier2

- Simulación de Monte Carlo para análisis de riesgo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Realizar un análisis de sensibilidad sobre variables clave del proyecto [Usar]
2. Construir y analizar un árbol de decisión simple [Usar]
3. Interpretar los resultados de un análisis de escenarios [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir la aplicación de la simulación de Monte Carlo en el análisis de riesgo [Familiarizarse]

2.11. Simulación de Sistemas Discretos (DSS)

Cubre el modelado, análisis y experimentación con sistemas de eventos discretos para estudiar y mejorar procesos del mundo real.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.11.1 Fundamentos de Modelado de Sistemas Discretos (Pág. 30)			No
2.11.2 Teoría de Colas y Análisis de Congestión (Pág. 31)			No
2.11.3 Generación y Análisis de Números Pseudoaleatorios (Pág. 31)			No
2.11.4 Diseño de Experimentos para Simulación y Análisis de Salida (Pág. 32)			No
2.11.5 Uso de Software Especializado (Pág. 32)			No

2.11.1. DSS/Fundamentos de Modelado de Sistemas Discretos

Introduce los conceptos básicos de simulación de eventos discretos, incluyendo componentes del sistema, conceptualización de modelos y abstracción.

Temas:**Core Tier1**

- Conceptos de sistemas de eventos discretos: entidades, atributos, actividades, eventos
- Conceptualización de modelos y desarrollo de diagramas de flujo

- Técnicas de verificación y validación de modelos

Core Tier2

- Variables de estado y dinámica de sistemas

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los componentes clave de un sistema de eventos discretos [Familiarizarse]
2. Desarrollar un diagrama de flujo de modelo conceptual para un sistema simple [Usar]
3. Aplicar técnicas básicas para verificación y validación de modelos [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar cómo las variables de estado representan la dinámica del sistema [Familiarizarse]

2.11.2. DSS/Teoría de Colas y Análisis de Congestión

Cubre modelos analíticos para sistemas de colas y su uso en la comprensión y predicción de la congestión y desempeño del sistema.

Temas:

Core Tier1

- Elementos de sistemas de colas y notación de Kendall
- Medidas de desempeño: WIP, tiempo de ciclo, throughput, utilización
- Modelos analíticos para sistemas de colas simples (M/M/1, M/M/c)

Core Tier2

- Redes de colas y análisis aproximado

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Interpretar la notación de Kendall para describir sistemas de colas [Familiarizarse]
2. Calcular medidas clave de desempeño para modelos de colas simples [Usar]
3. Comparar el desempeño de diferentes configuraciones de colas [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir los desafíos en el análisis de redes de colas [Familiarizarse]

2.11.3. DSS/Generación y Análisis de Números Pseudoaleatorios

Cubre la generación y prueba de números pseudoaleatorios para simulación estocástica, incluyendo generación de variables para diferentes distribuciones.

Temas:

Core Tier1

- Métodos de generación de números pseudoaleatorios
- Generación de variables aleatorias para distribuciones comunes
- Prueba de generadores de números aleatorios: uniformidad e independencia

Core Tier2

- Técnicas de reducción de varianza

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar la importancia de los números pseudoaleatorios en simulación [Familiarizarse]
2. Generar variables aleatorias a partir de distribuciones de probabilidad comunes [Usar]
3. Aplicar pruebas estadísticas para evaluar la calidad de una secuencia de números aleatorios [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir el propósito de las técnicas de reducción de varianza [Familiarizarse]

2.11.4. DSS/Diseño de Experimentos para Simulación y Análisis de Salida

Cubre el diseño de experimentos de simulación y el análisis estadístico de datos de salida para sacar conclusiones válidas.

Temas:

Core Tier1

- Período de calentamiento y determinación de la longitud de ejecución
- Replicación y tamaño de muestra para simulación
- Análisis de salida para sistemas terminantes y no terminantes

Core Tier2

- Comparación de configuraciones alternativas del sistema

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Determinar un período de calentamiento apropiado para una simulación [Usar]
2. Diseñar un experimento de simulación con replicaciones adecuadas [Usar]
3. Analizar datos de salida de simulación para estimar el desempeño del sistema [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Comparar múltiples diseños del sistema usando métodos estadísticos [Usar]

2.11.5. DSS/Uso de Software Especializado

Proporciona experiencia práctica con software de simulación comercial para construcción de modelos, experimentación y animación.

Temas:

Core Tier1

- Entorno de software de simulación y modelado básico
- Animación y visualización de modelos
- Ejecución de experimentos y análisis de resultados en software

Core Tier2

- Constructos de modelado avanzado y programación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir un modelo simple de simulación de eventos discretos usando software especializado [Usar]
2. Usar características del software para animar y visualizar el comportamiento del modelo [Usar]
3. Conducir experimentos de simulación e interpretar la salida [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Aplicar constructos de software avanzados para modelado de sistemas complejos [Familiarizarse]

2.12. Investigación de Operaciones y Optimización (ORO)

Cubre técnicas de modelado matemático y optimización para la toma de decisiones en sistemas industriales y empresariales complejos.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.12.1 Programación Lineal y Método Símplex (Pág. 33)			No
2.12.2 Programación Entera y Mixta (Pág. 33)			No
2.12.3 Modelos de Redes y Grafos (Pág. 33)			No
2.12.4 Programación No Lineal (Pág. 34)			No
2.12.5 Teoría de Juegos y Toma de Decisiones Multi-criterio (Pág. 34)			No

2.12.1. ORO/Programación Lineal y Método Simplex

Cubre la formulación de modelos de programación lineal y su solución usando el método simplex y herramientas de software.

Temas:

Core Tier1

- Formulación de modelos de programación lineal
- Método de solución gráfica para problemas de dos variables
- Método simplex para resolver problemas PL
- Análisis de sensibilidad y dualidad

Core Tier2

- Uso de software para resolver problemas PL a gran escala

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Formular un problema del mundo real como un modelo de programación lineal [Usar]
2. Resolver un problema PL de dos variables usando el método gráfico [Usar]
3. Aplicar el método simplex para resolver un problema PL [Usar]
4. Interpretar los resultados de un análisis de sensibilidad [Evaluar]

2.12.2. ORO/Programación Entera y Mixta

Cubre modelos de optimización donde algunas o todas las variables deben ser enteras, incluyendo métodos de solución y aplicaciones.

Temas:

Core Tier1

- Formulación de modelos de programación entera
- Variables binarias y restricciones lógicas
- Métodos de solución: ramificación y acotamiento

Core Tier2

- Aplicaciones de programación entera-mixta

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Formular problemas con variables enteras y binarias [Usar]
2. Describir el algoritmo de ramificación y acotamiento para programación entera [Familiarizarse]
3. Resolver programas enteros pequeños usando software apropiado [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar los desafíos en resolver programas enteros-mixtos a gran escala [Familiarizarse]

2.12.3. ORO/Modelos de Redes y Grafos

Cubre modelos de optimización en redes, incluyendo ruta más corta, flujo máximo, transporte y problemas de asignación.

Temas:

Core Tier1

- Problemas de ruta más corta y algoritmos
- Modelos de transporte y asignación
- Problemas de flujo máximo y corte mínimo

Core Tier2

- Redes de proyectos y CPM/PERT

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Resolver problemas de ruta más corta y transporte [Usar]
2. Formular problemas del mundo real como modelos de red [Usar]
3. Aplicar algoritmos para problemas de flujo máximo [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Desarrollar una red de proyecto y determinar la ruta crítica [Usar]

2.12.4. ORO/Programación No Lineal

Introduce la optimización con funciones objetivo y/o restricciones no lineales, incluyendo conceptos y métodos básicos de solución.

Temas:**Core Tier1**

- Conceptos de programación no lineal y tipos de modelos
- Optimización no restringida y métodos de gradiente
- Optimización restringida y condiciones KKT

Core Tier2

- Métodos heurísticos para problemas PNL complejos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Distinguir entre problemas de optimización lineales y no lineales [Familiarizarse]
2. Resolver problemas no lineales no restringidos simples [Usar]
3. Enunciar las condiciones de optimalidad de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Describir el papel de los métodos heurísticos en la optimización no lineal [Familiarizarse]

2.12.5. ORO/Teoría de Juegos y Toma de Decisiones Multi-criterio

Cubre la toma de decisiones en situaciones competitivas (teoría de juegos) y con múltiples objetivos conflictivos (análisis de decisiones multi-criterio).

Temas:**Core Tier1**

- Fundamentos de teoría de juegos: jugadores, estrategias, pagos
- Conceptos de toma de decisiones multi-criterio
- Métodos de ponderación y puntuación

Core Tier2

- Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Explicar los conceptos básicos de la teoría de juegos [Familiarizarse]
2. Aplicar un método de ponderación a un problema multi-criterio simple [Usar]
3. Analizar un juego de suma cero de dos personas [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir los pasos del Proceso Analítico Jerárquico [Familiarizarse]

2.13. Ciencia de Datos y Analítica Avanzada (DAA)

Cubre técnicas avanzadas para extraer conocimiento e insights de datos, incluyendo aprendizaje automático, minería de datos y procesamiento de big data.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.13.1 Minería de Datos y Procesamiento de Grandes Volúmenes (Pág. 35)			No
2.13.2 Aprendizaje Supervisado (Pág. 35)			No
2.13.3 Aprendizaje No Supervisado (Pág. 36)			No
2.13.4 Visualización Avanzada de Datos y Storytelling (Pág. 36)			No

2.13.1. DAA/Minería de Datos y Procesamiento de Grandes Volúmenes

Cubre el proceso de descubrir patrones en grandes conjuntos de datos y las tecnologías para manejar grandes volúmenes de datos.

Temas:

Core Tier1

- Proceso de minería de datos (CRISP-DM)
- Minería de reglas de asociación
- Características del big data y plataformas

Core Tier2

- Fundamentos de minería de texto y procesamiento de lenguaje natural

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir las etapas del proceso de minería de datos [Familiarizarse]
2. Aplicar minería de reglas de asociación a un problema de análisis de canasta de mercado [Usar]
3. Explicar los desafíos y oportunidades del big data [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Discutir las aplicaciones de la minería de texto en la industria [Familiarizarse]

2.13.2. DAA/Aprendizaje Supervisado

Cubre técnicas de modelado predictivo donde la variable de salida es conocida, incluyendo algoritmos de regresión y clasificación.

Temas:

Core Tier1

- Modelos de regresión: lineal, logística y polinomial
- Algoritmos de clasificación: k-NN, árboles de decisión, Naive Bayes
- Evaluación de modelos: división entrenamiento/prueba, validación cruzada

Core Tier2

- Métodos de ensamble: bosques aleatorios, gradient boosting

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir un modelo predictivo usando regresión o clasificación [Usar]
2. Evaluar el desempeño del modelo usando métricas apropiadas [Evaluar]
3. Implementar una división entrenamiento/prueba para validación de modelos [Usar]

Core-Tier2:

4. Describir el concepto y beneficios del aprendizaje por ensamble [Familiarizarse]

2.13.3. DAA/Aprendizaje No Supervisado

Cubre el descubrimiento de patrones en datos sin etiquetas predefinidas, incluyendo técnicas de clustering y reducción de dimensionalidad.

Temas:

Core Tier1

- Algoritmos de clustering: k-means, jerárquico
- Reducción de dimensionalidad: PCA y SVD
- Evaluación e interpretación de clusters

Core Tier2

- Técnicas de detección de anomalías

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar clustering k-means para segmentar un conjunto de datos [Usar]
2. Usar PCA para reducción de dimensionalidad y visualización [Usar]
3. Interpretar los resultados de un análisis de clustering [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar el papel de la detección de anomalías en aplicaciones industriales [Familiarizarse]

2.13.4. DAA/Visualización Avanzada de Datos y Storytelling

Cubre técnicas avanzadas para crear visualizaciones efectivas y comunicar insights basados en datos a las partes interesadas.

Temas:

Core Tier1

- Principios de visualización y percepción
- Dashboards interactivos y herramientas de BI
- Narrativa de datos y desarrollo de historias

Core Tier2

- Visualización geoespacial y mapeo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Crear visualizaciones estáticas e interactivas efectivas [Usar]
2. Diseñar un dashboard para monitorear indicadores clave de desempeño [Evaluar]
3. Desarrollar una narrativa basada en datos para comunicar insights [Usar]

Core-Tier2:

4. Aplicar técnicas de visualización geoespacial a datos de ubicación [Familiarizarse]

2.14. Sistemas Ciberfísicos e Internet Industrial de las Cosas (IIoT)

Cubre la integración de computación, redes y procesos físicos, con enfoque en sistemas IoT industrial, gemelos digitales e integración IT/OT.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.14.1 Fundamentos de Sensores, Actuadores y Sistemas Embebidos (Pág. 37)			No
2.14.2 Arquitecturas de Plataformas IIoT y Protocolos de Comunicación (Pág. 37)			No
2.14.3 Gemelos Digitales para Modelado y Optimización (Pág. 37)			No
2.14.4 Integración de Sistemas IT/OT (Pág. 38)			No

2.14.1. IIoT/Fundamentos de Sensores, Actuadores y Sistemas Embebidos

Cubre los componentes de hardware de sistemas ciberfísicos, incluyendo tipos de sensores, mecanismos de actuadores y controladores embebidos.

Temas:

Core Tier1

- Tipos de sensores y principios de operación
- Tipos de actuadores y señales de control
- Sistemas embebidos y controladores lógicos programables (PLCs)

Core Tier2

- Acondicionamiento de señales y adquisición de datos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir la función de sensores y actuadores comunes en un contexto IIoT [Familiarizarse]
2. Explicar el papel de los PLCs y sistemas embebidos en automatización [Familiarizarse]
3. Seleccionar sensores apropiados para una tarea de medición industrial dada [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Discutir la importancia del acondicionamiento de señales en la adquisición de datos [Familiarizarse]

2.14.2. IIoT/Arquitecturas de Plataformas IIoT y Protocolos de Comunicación

Cubre la arquitectura en capas de sistemas IIoT, protocolos de comunicación y tecnologías de plataforma para intercambio y procesamiento de datos.

Temas:

Core Tier1

- Capas de arquitectura IIoT: dispositivo, edge, nube
- Protocolos de comunicación: MQTT, OPC UA, Modbus
- Conceptos de edge computing y fog computing

Core Tier2

- Capacidades y selección de plataformas IIoT

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar las diferentes capas de una arquitectura IIoT [Familiarizarse]
2. Comparar protocolos de comunicación industriales comunes [Familiarizarse]
3. Describir los beneficios del edge computing en IIoT [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Evaluar las características clave de una plataforma IIoT [Familiarizarse]

2.14.3. IIoT/Gemelos Digitales para Modelado y Optimización

Cubre el concepto, desarrollo y uso de gemelos digitales para monitoreo en tiempo real, simulación y optimización de activos físicos.

Temas:

Core Tier1

- Concepto de gemelo digital y componentes
- Creación del gemelo: integración de datos y sincronización de modelos
- Aplicaciones en mantenimiento predictivo y optimización de procesos

Core Tier2

- Analítica avanzada e IA en gemelos digitales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Definir el concepto de gemelo digital y sus características clave [Familiarizarse]
2. Describir el proceso de creación y actualización de un gemelo digital [Usar]
3. Proponer un caso de uso para un gemelo digital en un entorno industrial [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Discutir la integración de IA con gemelos digitales [Familiarizarse]

2.14.4. IIoT/Integración de Sistemas IT/OT

Cubre la convergencia de sistemas de Tecnología de la Información (IT) y Tecnología Operacional (OT), incluyendo desafíos y mejores prácticas.

Temas:**Core Tier1**

- Sistemas IT y OT: características y diferencias
- Desafíos de integración y patrones arquitectónicos
- Flujo de datos desde planta de producción hasta nivel directivo

Core Tier2

- Modelos de gobierno para IT/OT convergido

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Diferenciar entre sistemas IT y OT y sus objetivos [Familiarizarse]
2. Identificar los desafíos clave en la integración de sistemas IT y OT [Evaluar]
3. Trazar el flujo de datos desde equipos de producción hasta sistemas empresariales [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Describir un marco de gobierno para gestionar IT/OT integrado [Familiarizarse]

2.15. Manufactura Aditiva y Digital (DMA)

Cubre las tecnologías, procesos y principios de diseño para manufactura aditiva (impresión 3D) y la digitalización de flujos de trabajo de manufactura.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.15.1 Tecnologías de Manufactura Aditiva (Pág. 38)			No
2.15.2 Diseño Generativo y para Fabricación Aditiva (Pág. 39)			No
2.15.3 Digitalización de Procesos de Manufactura (Pág. 39)			No
2.15.4 Prototipado Rápido y Fabricación de Series Cortas (Pág. 40)			No

2.15.1. DMA/Tecnologías de Manufactura Aditiva

Cubre los principios fundamentales, procesos y capacidades de diferentes tecnologías de manufactura aditiva (impresión 3D).

Temas:**Core Tier1**

- Categorías de procesos de manufactura aditiva: polimerización en cuba, extrusión de material, fusión en lecho de polvo
- Materiales para MA: polímeros, metales, cerámicos

- Técnicas de post-procesado y acabado

Core Tier2

- Sistemas de manufactura híbrida

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Comparar las capacidades y limitaciones de diferentes procesos de MA [Familiarizarse]
2. Describir la gama de materiales usados en manufactura aditiva [Familiarizarse]
3. Seleccionar un proceso de MA apropiado para una aplicación dada [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar el concepto y beneficios de la manufactura híbrida [Familiarizarse]

2.15.2. DMA/Diseño Generativo y para Fabricación Aditiva

Cubre metodologías de diseño que aprovechan la libertad geométrica de la MA, incluyendo optimización topológica y consolidación de partes.

Temas:**Core Tier1**

- Principios de Diseño para Manufactura Aditiva (DfAM)
- Optimización topológica y estructuras reticulares
- Consolidación de partes e integración de ensambles

Core Tier2

- Software de diseño generativo y flujos de trabajo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Aplicar principios DfAM para rediseñar un componente para impresión 3D [Usar]
2. Explicar el propósito y resultado de la optimización topológica [Familiarizarse]
3. Evaluar un diseño por su potencial de consolidación de partes [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir el flujo de trabajo de un proceso de diseño generativo [Familiarizarse]

2.15.3. DMA/Digitalización de Procesos de Manufactura

Cubre la transformación digital de la manufactura a través de flujos de trabajo digitales, hilos digitales y la integración de herramientas digitales.

Temas:**Core Tier1**

- Flujo de trabajo digital desde diseño hasta producción
- Hilo digital y gestión del ciclo de vida del producto (PLM)
- Simulación de procesos para manufactura aditiva

Core Tier2

- Automatización de flujos de trabajo de manufactura digital

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Describir el flujo de trabajo digital para un trabajo de manufactura aditiva [Familiarizarse]
2. Explicar el concepto del hilo digital en manufactura [Familiarizarse]
3. Usar simulación de procesos para predecir resultados de construcción [Usar]

Core-Tier2:

4. Discutir el papel de la automatización de flujos de trabajo en la manufactura digital [Familiarizarse]

2.15.4. DMA/Prototipado Rápido y Fabricación de Series Cortas

Cubre el uso de manufactura aditiva para prototipado rápido, tooling y producción de bajo volumen, incluyendo consideraciones económicas.

Temas:

Core Tier1

- Aplicaciones y beneficios del prototipado rápido
- Tooling rápido y ayudas de manufactura
- Consideraciones económicas para producción de bajo volumen

Core Tier2

- Impacto en la cadena de suministro y manufactura distribuida

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Planificar un proyecto de prototipado rápido [Usar]
2. Evaluar la viabilidad económica de la MA para una producción de series cortas [Evaluar]
3. Describir el uso de la MA para crear plantillas, dispositivos y otro tooling [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Analizar el impacto potencial de la MA en las cadenas de suministro tradicionales [Familiarizarse]

2.16. Robótica Colaborativa y Automatización (ACR)

Cubre los principios y aplicaciones de la robótica colaborativa (cobots) y sistemas de automatización en entornos industriales, incluyendo seguridad e integración.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.16.1 Fundamentos de Robótica y Cinemática (Pág. 40)			No
2.16.2 Diseño de Celdas de Manufactura con Cobots (Pág. 41)			No
2.16.3 Sistemas de Visión Artificial para Inspección y Guiado (Pág. 41)			No
2.16.4 Automatización de Procesos Robóticos para Funciones Administrativas (Pág. 41)			No

2.16.1. ACR/Fundamentos de Robótica y Cinemática

Cubre los componentes básicos de sistemas robóticos, marcos de coordenadas y la cinemática de manipuladores robóticos.

Temas:

Core Tier1

- Componentes del robot: manipulador, efecto final, controlador
- Marcos de coordenadas y transformaciones
- Cinemática directa e inversa

Core Tier2

- Planificación de trayectorias e interpolación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los componentes principales de un robot industrial [Familiarizarse]
2. Calcular la cinemática directa para un brazo robótico simple [Usar]
3. Explicar el desafío de la cinemática inversa [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Discutir la importancia de la planificación de trayectorias en robótica [Familiarizarse]

2.16.2. ACR/Diseño de Celdas de Manufactura con Cobots

Cubre el diseño, implementación y consideraciones de seguridad para celdas de trabajo que integran robots colaborativos trabajando junto a humanos.

Temas:

Core Tier1

- Características de robots colaborativos y estándares de seguridad
- Layout de celdas de trabajo y evaluación de riesgos
- Aplicaciones: ensamble, atención de máquinas, empaque

Core Tier2

- Interacción humano-robot y asignación de tareas

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diferenciar entre robots tradicionales y colaborativos [Familiarizarse]
2. Diseñar un layout simple de celda de trabajo colaborativa [Usar]
3. Identificar riesgos de seguridad y medidas de mitigación en una aplicación de cobot [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Analizar tareas para una colaboración humano-robot óptima [Familiarizarse]

2.16.3. ACR/Sistemas de Visión Artificial para Inspección y Guiado

Cubre los componentes y aplicaciones de sistemas de visión artificial para control de calidad, identificación de partes y guiado de robots.

Temas:

Core Tier1

- Componentes del sistema de visión artificial: cámara, iluminación, óptica
- Técnicas de procesamiento y análisis de imágenes
- Aplicaciones de inspección y detección de defectos

Core Tier2

- Robótica guiada por visión (VGR)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir la función de cada componente en un sistema de visión [Familiarizarse]
2. Explicar operaciones básicas de procesamiento de imágenes (ej. umbralización, análisis de blobs) [Familiarizarse]
3. Proponer una solución de visión artificial para una tarea de inspección simple [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir cómo la guía por visión mejora las capacidades del robot [Familiarizarse]

2.16.4. ACR/Automatización de Procesos Robóticos para Funciones Administrativas

Cubre el uso de robots de software para automatizar procesos administrativos y empresariales repetitivos basados en reglas.

Temas:

Core Tier1

- Conceptos de RPA y capacidades de robots de software
- Identificación de procesos para RPA
- Ciclo de vida de implementación de RPA

Core Tier2

- Automatización Inteligente de Procesos (IPA) e integración de IA
- Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**

Core-Tier1:

1. Explicar el alcance y limitaciones de la Automatización Robótica de Procesos [Familiarizarse]
2. Identificar procesos empresariales adecuados para RPA [Evaluar]
3. Describir las etapas principales de un proyecto de implementación de RPA [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Discutir la evolución de RPA a Automatización Inteligente de Procesos [Familiarizarse]

2.17. Ingeniería de la Sostenibilidad y Economía Circular (SCE)

Cubre principios y métodos para diseñar y operar sistemas industriales que minimicen el impacto ambiental y promuevan prácticas de economía circular.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.17.1 Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono (Pág. 42)			No
2.17.2 Principios de Economía Circular y Ecodiseño (Pág. 42)			No
2.17.3 Eficiencia Energética en Sistemas Industriales (Pág. 43)			No
2.17.4 Gestión de Residuos y Simbiosis Industrial (Pág. 43)			No

2.17.1. SCE/Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono

Cubre la metodología para evaluar los impactos ambientales de un producto o proceso a lo largo de todo su ciclo de vida.

Temas:

Core Tier1

- Marco del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y etapas
- Cálculo y reporte de huella de carbono
- Categorías de impacto y métodos de caracterización

Core Tier2

- Herramientas de software ACV y bases de datos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir las etapas del ciclo de vida de un producto y el marco del ACV [Familiarizarse]
2. Calcular una huella de carbono simple para un producto o proceso [Usar]
3. Interpretar los resultados de una evaluación de impacto de ciclo de vida [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Usar software ACV para modelar un sistema de producto simple [Familiarizarse]

2.17.2. SCE/Principios de Economía Circular y Ecodiseño

Cubre los principios de economía circular y su aplicación en el diseño de productos e innovación de modelos de negocio.

Temas:

Core Tier1

- Principios de economía circular: reducir, reutilizar, reciclar, recuperar
- Estrategias y lineamientos de ecodiseño
- Modelos de negocio circulares: producto-como-servicio, remanufactura

Core Tier2

- Análisis de flujo de materiales y métricas de circularidad

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Explicar los principios clave de una economía circular y contrastarlos con una economía lineal [Familiarizarse]
2. Aplicar principios de ecodiseño para mejorar el desempeño ambiental de un producto [Usar]
3. Evaluar el potencial de circularidad de un modelo de negocio [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Calcular métricas básicas de circularidad para un sistema de producto [Familiarizarse]

2.17.3. SCE/Eficiencia Energética en Sistemas Industriales

Cubre métodos para analizar y mejorar la eficiencia energética en procesos e instalaciones industriales.

Temas:**Core Tier1**

- Auditoría energética y benchmarking
- Medidas de eficiencia para motores, bombas y sistemas de aire comprimido
- Recuperación de energía térmica y utilización de calor residual

Core Tier2

- Integración de energías renovables en procesos industriales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Realizar una auditoría energética básica para un sistema industrial simple [Usar]
2. Identificar oportunidades de mejora de eficiencia energética [Evaluar]
3. Describir tecnologías comunes para recuperación de calor residual [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Discutir los desafíos y beneficios de integrar energías renovables en la industria [Familiarizarse]

2.17.4. SCE/Gestión de Residuos y Simbiosis Industrial

Cubre estrategias para minimización de residuos, tratamiento y la creación de redes de simbiosis industrial.

Temas:**Core Tier1**

- Jerarquía de residuos y estrategias de minimización
- Símbiosis industrial e intercambio de subproductos
- Métodos de tratamiento y disposición de residuos

Core Tier2

- Iniciativas de cero residuos a vertedero

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Explicar la jerarquía de residuos y su aplicación en la industria [Familiarizarse]
2. Identificar intercambios potenciales de subproductos en un parque industrial [Usar]
3. Comparar diferentes tecnologías de tratamiento de residuos para un flujo específico [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Desarrollar un plan para una iniciativa de cero residuos a vertedero [Familiarizarse]

2.18. Ciberseguridad Operacional (OCS)

Cubre la protección de sistemas de control industrial y tecnología operacional contra amenazas cibernéticas, asegurando la seguridad y resiliencia de infraestructura crítica.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.18.1 Fundamentos de Ciberseguridad en Sistemas de Control Industrial (Pág. 44)			No
2.18.2 Identificación de Vulnerabilidades en Entornos OT (Pág. 44)			No
2.18.3 Estrategias de Seguridad para la Cadena de Suministro Digital (Pág. 45)			No
2.18.4 Normativas y Estándares de Ciberseguridad Industrial (Pág. 45)			No

2.18.1. OCS/Fundamentos de Ciberseguridad en Sistemas de Control Industrial

Cubre la arquitectura de Sistemas de Control Industrial (ICS) y los desafíos únicos de ciberseguridad que presentan.

Temas:

Core Tier1

- Arquitectura y componentes del sistema ICS/SCADA
- Panorama de riesgos de sistemas ciberfísicos
- Objetivos de seguridad para ICS: disponibilidad, integridad, confidencialidad

Core Tier2

- Respuesta a incidentes para entornos ICS

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los componentes clave y arquitectura de un ICS típico [Familiarizarse]
2. Explicar por qué la disponibilidad es a menudo el objetivo de seguridad principal en ICS [Familiarizarse]
3. Identificar riesgos únicos de ciberseguridad en un entorno OT comparado con IT [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Esquematizar los pasos clave en un plan de respuesta a incidentes ICS [Familiarizarse]

2.18.2. OCS/Identificación de Vulnerabilidades en Entornos OT

Cubre métodos para identificar, evaluar y gestionar vulnerabilidades en activos y redes de tecnología operacional.

Temas:

Core Tier1

- Metodologías de evaluación de vulnerabilidades para OT
- Inventario y gestión de activos para OT
- Segmentación de red y zonificación

Core Tier2

- Pruebas de penetración en entornos OT

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Realizar un inventario básico de activos para una red OT [Usar]
2. Evaluar la criticidad de diferentes activos OT [Evaluar]
3. Diseñar un esquema básico de segmentación de red para un ICS [Usar]

Core-Tier2:

4. Describir las consideraciones especiales para pruebas de penetración en OT [Familiarizarse]

2.18.3. OCS/Estrategias de Seguridad para la Cadena de Suministro Digital

Cubre la gestión de riesgos de ciberseguridad asociados con la cadena de suministro digital, incluyendo proveedores y vendedores terceros.

Temas:

Core Tier1

- Gestión de riesgos cibernéticos de la cadena de suministro
- Evaluación y gestión de riesgos de terceros
- Lista de materiales de software (SBOM)

Core Tier2

- Seguridad de la cadena de suministro de hardware

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los riesgos únicos de ciberseguridad introducidos por la cadena de suministro digital [Familiarizarse]
2. Desarrollar un cuestionario para evaluar la postura de ciberseguridad de un proveedor [Usar]
3. Analizar una Lista de Materiales de Software en busca de vulnerabilidades potenciales [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Discutir los desafíos de asegurar la cadena de suministro de hardware [Familiarizarse]

2.18.4. OCS/Normativas y Estándares de Ciberseguridad Industrial

Cubre los principales estándares, marcos y regulaciones que gobiernan las prácticas de ciberseguridad industrial.

Temas:

Core Tier1

- Serie de estándares IEC 62443
- Marco de Ciberseguridad NIST (CSF)
- Requisitos de cumplimiento y auditoría

Core Tier2

- Regulaciones sector-específicas (ej. NERC CIP)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los componentes clave del estándar IEC 62443 [Familiarizarse]
2. Mapear controles de seguridad al Marco de Ciberseguridad NIST [Usar]
3. Evaluar el cumplimiento de un sistema OT con un estándar de seguridad específico [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Identificar regulaciones de ciberseguridad sector-específicas aplicables a una industria dada [Familiarizarse]

2.19. Gestión de la Innovación y Tecnología (ITM)

Cubre los procesos y estrategias para gestionar la innovación tecnológica, desde la generación de ideas hasta la comercialización y gestión de portafolios.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.19.1 Procesos y Modelos de Innovación (Pág. 46)			No
2.19.2 Gestión de Portafolios de Proyectos de I+D+i (Pág. 46)			No
2.19.3 Estrategia Tecnológica y Vigilancia Tecnológica (Pág. 46)			No
2.19.4 Transferencia Tecnológica y Commercialización (Pág. 47)			No

2.19.1. ITM/Procesos y Modelos de Innovación

Cubre los diversos modelos y procesos para gestionar la innovación, desde enfoques lineales hasta interactivos y de innovación abierta.

Temas:

Core Tier1

- Tipos de innovación: incremental, radical, disruptiva
- Proceso stage-gate para desarrollo de nuevos productos
- Innovación abierta y crowdsourcing

Core Tier2

- Design thinking e innovación ágil

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diferenciar entre innovación incremental, radical y disruptiva [Familiarizarse]
2. Aplicar el proceso stage-gate a un proyecto hipotético de desarrollo de producto [Usar]
3. Evaluar el potencial de la innovación abierta para un desafío tecnológico específico [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Usar técnicas básicas de design thinking para generación de ideas [Familiarizarse]

2.19.2. ITM/Gestión de Portafolios de Proyectos de I+D+i

Cubre los métodos para seleccionar, priorizar y gestionar un portafolio de proyectos de investigación y desarrollo.

Temas:

Core Tier1

- Principios y objetivos de gestión de portafolios
- Criterios de selección de proyectos y modelos de puntuación
- Asignación de recursos entre proyectos

Core Tier2

- Técnicas de optimización de portafolios

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los objetivos de la gestión de portafolios de I+D [Familiarizarse]
2. Desarrollar un conjunto de criterios para evaluar proyectos de I+D [Usar]
3. Priorizar un conjunto de proyectos de I+D basándose en múltiples criterios [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Aplicar un modelo simple de optimización para balancear un portafolio de proyectos [Familiarizarse]

2.19.3. ITM/Estrategia Tecnológica y Vigilancia Tecnológica

Cubre el desarrollo de estrategia tecnológica y el uso de inteligencia competitiva para informar la toma de decisiones tecnológicas.

Temas:

Core Tier1

- Pronóstico tecnológico y roadmapping
- Inteligencia tecnológica competitiva
- Alianzas tecnológicas estratégicas

Core Tier2

- Estrategia de propiedad intelectual

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):
Core-Tier1:

1. Crear un roadmap tecnológico simple para una familia de productos [Usar]
2. Analizar el portafolio tecnológico de un competidor [Evaluar]
3. Explicar los beneficios y riesgos de las alianzas tecnológicas estratégicas [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Desarrollar una estrategia básica de PI para una nueva tecnología [Familiarizarse]

2.19.4. ITM/Transferencia Tecnológica y Commercialización

Cubre los procesos para transferir tecnología desde la investigación a la práctica y comercializar exitosamente innovaciones.

Temas:

Core Tier1

- Modelos y vías de transferencia tecnológica
- Estrategias de comercialización y planes de lanzamiento al mercado
- Métodos de valoración de tecnología

Core Tier2

- Creación de spin-offs y colaboración universidad-industria

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir las principales vías para transferir tecnología del laboratorio al mercado [Familiarizarse]
2. Desarrollar un plan básico de lanzamiento al mercado para una nueva tecnología [Usar]
3. Aplicar un método simple para valorar una tecnología [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Explicar el proceso y desafíos de crear un spin-off tecnológico [Familiarizarse]

2.20. Analítica de la Cadena de Suministro (SCA)

Cubre la aplicación de analítica avanzada y aprendizaje automático para resolver problemas complejos en gestión de cadena de suministro y logística.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.20.1 Pronósticos de Demanda Avanzados usando Machine Learning (Pág. 48)			No
2.20.2 Optimización de Inventarios con Analítica Predictiva (Pág. 48)			No
2.20.3 Modelado de Riesgos y Estrategias de Mitigación en la Cadena de Suministro (Pág. 48)			No
2.20.4 Plataformas de Visibilidad en Tiempo Real y Trazabilidad (Pág. 49)			No

2.20.1. SCA/Pronósticos de Demanda Avanzados usando Machine Learning

Cubre técnicas de aprendizaje automático para mejorar la precisión de pronósticos de demanda más allá de métodos estadísticos tradicionales.

Temas:

Core Tier1

- Aprendizaje automático para pronóstico de series de tiempo
- Ingeniería de características para datos de demanda
- Métodos de ensamble para pronóstico

Core Tier2

- Modelado de factores promocionales y causales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir un modelo de aprendizaje automático para pronóstico de demanda [Usar]
2. Comparar el desempeño de modelos de ML con métodos de pronóstico tradicionales [Evaluar]
3. Crear características relevantes a partir de datos de demanda crudos [Usar]

Core-Tier2:

4. Incorporar datos promocionales en un modelo de pronóstico de demanda [Familiarizarse]

2.20.2. SCA/Optimización de Inventarios con Analítica Predictiva

Covers el uso de analítica predictiva para optimizar niveles y políticas de inventario bajo incertidumbre.

Temas:

Core Tier1

- Optimización del nivel de servicio
- Optimización de stock de seguridad usando variabilidad de demanda
- Optimización de inventario multi-escalón

Core Tier2

- Precios dinámicos y control de inventario

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular niveles óptimos de stock de seguridad usando modelos probabilísticos [Usar]
2. Analizar la compensación entre nivel de servicio y costos de inventario [Evaluar]
3. Explicar los desafíos de los sistemas de inventario multi-escalón [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Describir la relación entre precios dinámicos y gestión de inventario [Familiarizarse]

2.20.3. SCA/Modelado de Riesgos y Estrategias de Mitigación en la Cadena de Suministro

Cubre la identificación, evaluación y mitigación de riesgos en cadenas de suministro globales complejas usando enfoques analíticos.

Temas:

Core Tier1

- Identificación y categorización de riesgos de cadena de suministro
- Evaluación de riesgos: análisis de probabilidad e impacto
- Estrategias de mitigación de riesgos y diseño de resiliencia

Core Tier2

- Diseño de red para mitigación de riesgos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Mapear las vulnerabilidades en una red de cadena de suministro [Usar]
2. Priorizar riesgos de cadena de suministro basándose en su impacto potencial [Evaluar]
3. Desarrollar un plan de mitigación de riesgos para una vulnerabilidad crítica de la cadena de suministro [Usar]

Core-Tier2:

4. Diseñar una red de cadena de suministro que incorpore redundancia para resiliencia [Familiarizarse]

2.20.4. SCA/Plataformas de Visibilidad en Tiempo Real y Trazabilidad

Cubre las tecnologías y plataformas analíticas que proveen visibilidad de extremo a extremo y trazabilidad a través de la cadena de suministro.

Temas:**Core Tier1**

- Plataformas de visibilidad en tiempo real y dashboards
- IoT y datos de sensores para rastreo de cadena de suministro
- Blockchain para trazabilidad de cadena de suministro

Core Tier2

- Logística predictiva y gestión de excepciones

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Explicar los beneficios de la visibilidad en tiempo real en la gestión de cadena de suministro [Familiarizarse]
2. Diseñar un dashboard para monitorear indicadores clave de desempeño de la cadena de suministro [Usar]
3. Evaluar el potencial de blockchain para un problema específico de trazabilidad [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir cómo la analítica predictiva puede usarse para gestión proactiva de excepciones [Familiarizarse]

2.21. Industria 5.0 y Sistemas Cognitivos (IFiveC)

Cubre los principios de la quinta revolución industrial, enfocándose en la colaboración humano-robot, personalización masiva, resiliencia operacional y sistemas cognitivos avanzados.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.21.1 Colaboración Humano-Robot Avanzada (Pág. 50)			No
2.21.2 Personalización Masiva y Fabricación Hiper-flexible (Pág. 50)			No
2.21.3 Sistemas Resilientes y Antifrágiles (Pág. 50)			No
2.21.4 Inteligencia Artificial Centrada en el Humano (Pág. 51)			No

2.21.1. IFiveC/Colaboración Humano-Robot Avanzada

Se enfoca en sistemas de colaboración avanzada donde humanos y robots trabajan de forma sinérgica, aprovechando las fortalezas de cada uno.

Temas:

Core Tier1

- Sistemas cognitivos y toma de decisiones colaborativas
- Robots adaptativos y aprendizaje por demostración
- Sistemas de seguridad avanzada para entornos colaborativos

Core Tier2

- Interfaces cerebro-computadora en entornos industriales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar sistemas de trabajo colaborativo humano-robot para tareas complejas [Usar]
2. Evaluar la eficiencia de sistemas colaborativos vs. sistemas automatizados tradicionales [Evaluar]
3. Explicar los principios de la cognición distribuida en entornos industriales [Familiarizarse]

2.21.2. IFiveC/Personalización Masiva y Fabricación Hiper-flexible

Cubre sistemas de producción que combinan la eficiencia de la producción en masa con la flexibilidad de la personalización individual.

Temas:

Core Tier1

- Plataformas digitales para personalización en tiempo real
- Sistemas de fabricación hiper-flexibles y reconfigurables
- Integración del cliente en el proceso de diseño y producción

Core Tier2

- Modelos predictivos para preferencias del consumidor

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar un sistema de personalización masiva para un producto específico [Usar]
2. Analizar el trade-off entre personalización y eficiencia en sistemas productivos [Evaluar]
3. Describir las tecnologías habilitadoras para la fabricación hiper-flexible [Familiarizarse]

2.21.3. IFiveC/Sistemas Resilientes y Antifrágiles

Se enfoca en el diseño de sistemas industriales que no solo resisten perturbaciones, sino que mejoran con ellas.

Temas:

Core Tier1

- Principios de diseño de sistemas resilientes
- Conceptos de sistemas antifrágiles en ingeniería
- Sistemas adaptativos y auto-curativos

Core Tier2

- Gemelos digitales para gestión de resiliencia

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar un sistema productivo con capacidad de resiliencia ante disruptores [Usar]
2. Evaluar la resiliencia de una cadena de suministro existente [Evaluar]
3. Explicar la diferencia entre sistemas robustos, resilientes y antifrágiles [Familiarizarse]

2.21.4. IFiveC/Inteligencia Artificial Centrada en el Humano

Cubre el desarrollo e implementación de sistemas de IA que aumentan las capacidades humanas en lugar de reemplazarlas.

Temas:

Core Tier1

- Diseño de sistemas humano-IA colaborativos
- IA explicable y transparente en entornos industriales
- Realidad aumentada y sistemas de aumento cognitivo

Core Tier2

- Aspectos éticos de la IA aumentativa

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Desarrollar un sistema de IA que aumente las capacidades de toma de decisiones humanas [Usar]
2. Analizar el impacto de sistemas de IA en el bienestar del trabajador [Evaluar]
3. Discutir las implicaciones éticas de la IA centrada en el humano [Familiarizarse]

2.22. Ética, Gobernanza y Sociedad (EGS)

Cubre las responsabilidades éticas, sociales y de gobierno de los ingenieros, con enfoque en el impacto de las tecnologías emergentes y las prácticas empresariales sostenibles.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
2.22.1 Ética Profesional en Ingeniería (Pág. 51)			No
2.22.2 Impacto Social y Ambiental de las Tecnologías Emergentes (Pág. 52)			No
2.22.3 Gobernanza de Datos y Privacidad (Pág. 52)			No
2.22.4 Responsabilidad Social Corporativa y Sostenibilidad Empresarial (Pág. 52)			No

2.22.1. EGS/Ética Profesional en Ingeniería

Cubre los principios fundamentales de la ética en ingeniería, códigos de conducta y marcos para la toma de decisiones éticas.

Temas:

Core Tier1

- Códigos de ética en ingeniería y conducta profesional
- Marcos para la toma de decisiones éticas
- Denuncia de irregularidades y responsabilidad profesional

Core Tier2

- Estudios de caso en ética de la ingeniería

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Enunciar los cánones fundamentales de la ética en ingeniería [Familiarizarse]
2. Aplicar un marco de toma de decisiones éticas a un dilema de ingeniería [Usar]
3. Analizar un estudio de caso que involucre un conflicto ético en la práctica de la ingeniería [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Discutir el papel y las protecciones para denunciantes en ingeniería [Familiarizarse]

2.22.2. EGS/Impacto Social y Ambiental de las Tecnologías Emergentes

Cubre la evaluación de las consecuencias sociales y ambientales más amplias de tecnologías como IA, automatización y biotecnología.

Temas:

Core Tier1

- Evaluación de impacto tecnológico
- Automatización y el futuro del trabajo
- Ética de la IA: sesgo, equidad y rendición de cuentas

Core Tier2

- Desarrollo tecnológico sostenible

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir los impactos sociales potenciales de una tecnología emergente específica [Familiarizarse]
2. Evaluar las implicaciones éticas de un sistema de IA [Evaluar]
3. Discutir los desafíos sociales planteados por la mayor automatización [Familiarizarse]

Core-Tier2:

4. Proponer lineamientos para el desarrollo sostenible de una nueva tecnología [Familiarizarse]

2.22.3. EGS/Gobernanza de Datos y Privacidad

Cubre los principios de gobernanza de datos, leyes de privacidad y el manejo ético de datos en sistemas de ingeniería.

Temas:

Core Tier1

- Marcos y principios de gobernanza de datos
- Leyes y regulaciones de privacidad (ej. GDPR)
- Recolección y uso ético de datos

Core Tier2

- Propiedad y portabilidad de datos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los componentes clave de un marco de gobernanza de datos [Familiarizarse]
2. Evaluar el cumplimiento de una actividad de procesamiento de datos con regulaciones de privacidad [Evaluar]
3. Diseñar un proceso de recolección de datos que respete la privacidad del usuario [Usar]

Core-Tier2:

4. Discutir los debates éticos en torno a la propiedad de datos [Familiarizarse]

2.22.4. EGS/Responsabilidad Social Corporativa y Sostenibilidad Empresarial

Cubre los conceptos de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y el papel de los ingenieros en promover prácticas empresariales sostenibles y socialmente responsables.

Temas:

Core Tier1

- Conceptos y marcos de Responsabilidad Social Corporativa (RSC)
- Teoría de stakeholders y participación
- Reporte de sostenibilidad y criterios ESG

Core Tier2

- Evaluación social de ciclo de vida

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):**Core-Tier1:**

1. Explicar el caso de negocio para la Responsabilidad Social Corporativa [Familiarizarse]
2. Identificar los stakeholders clave de un proyecto de ingeniería y sus intereses [Usar]
3. Analizar un reporte de sostenibilidad de una empresa [Evaluar]

Core-Tier2:

4. Describir la metodología de la evaluación social de ciclo de vida [Familiarizarse]

Capítulo 3

Cuerpo del conocimiento de Matemática Computacional

Las 14 áreas de conocimiento en Matemática Computacional son:

3.1 Análisis Numérico y Científico (NSA) (Pág. 56)

- 3.1.1 Aritmética Computacional y Análisis de Error (Pág. 56)
- 3.1.2 Álgebra Lineal Numérica (Pág. 56)
- 3.1.3 Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (Pág. 57)
- 3.1.4 Interpolación y Aproximación de Funciones (Pág. 57)
- 3.1.5 Diferenciación e Integración Numérica (Pág. 58)
- 3.1.6 Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (Pág. 58)

3.2 Modelado Matemático y Simulación (MMS) (Pág. 58)

- 3.2.1 Formulación de Modelos Matemáticos (Pág. 59)
- 3.2.2 Simulación de Sistemas Discretos (Pág. 59)
- 3.2.3 Simulación de Sistemas Continuos (Pág. 59)
- 3.2.4 Análisis de Sensibilidad y Robustez (Pág. 60)
- 3.2.5 Validación y Verificación de Modelos (Pág. 60)

3.3 Probabilidad y Computación Estadística (PSC) (Pág. 61)

- 3.3.1 Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos (Pág. 61)
- 3.3.2 Inferencia Estadística Computacional (Pág. 61)
- 3.3.3 Diseño de Experimentos Computacionales (Pág. 62)
- 3.3.4 Métodos de Remuestreo y Validación (Pág. 62)

3.4 Estructuras de Datos y Algoritmos (DSA) (Pág. 62)

- 3.4.1 Complejidad Algorítmica y Análisis Asintótico (Pág. 63)
- 3.4.2 Estructuras de Datos Fundamentales y Avanzadas (Pág. 63)
- 3.4.3 Algoritmos de Búsqueda y Ordenamiento (Pág. 63)
- 3.4.4 Algoritmos de Grafos y Optimización Combinatoria (Pág. 64)
- 3.4.5 Algoritmos Paralelos y Distribuidos (Pág. 64)

3.5 Computación de Alto Rendimiento (HPC) (Pág. 64)

- 3.5.1 Arquitecturas de Computadoras Paralelas (Pág. 65)
- 3.5.2 Programación Paralela de Memoria Compartida (Pág. 65)
- 3.5.3 Programación Paralela de Memoria Distribuida (Pág. 65)
- 3.5.4 Programación de Aceleradores (Pág. 66)
- 3.5.5 Métodos Numéricos Paralelos (Pág. 66)

3.6 Optimización y Aprendizaje Automático (OML) (Pág. 66)

- 3.6.1 Optimización Convexa y No Convexa (Pág. 67)
- 3.6.2 Optimización con Restricciones (Pág. 67)
- 3.6.3 Optimización para Aprendizaje Automático (Pág. 67)
- 3.6.4 Optimización a Gran Escala y Distribuida (Pág. 68)
- 3.6.5 Metaheurísticas y Optimización Bioinspirada (Pág. 68)

3.7 Matemáticas para Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático (DSM) (Pág. 68)

3.7.1 Fundamentos del Aprendizaje Estadístico (Pág. 69)

- 3.7.2 Métodos de Aprendizaje Supervisado (Pág. 69)
- 3.7.3 Métodos de Aprendizaje No Supervisado (Pág. 69)

3.7.4 Evaluación y Selección de Modelos (Pág. 70)

3.8 Matemáticas para Inteligencia Artificial (AIM) (Pág. 70)

- 3.8.1 Teoría del Aprendizaje Profundo (Pág. 70)
- 3.8.2 Arquitecturas Neuronales Avanzadas (Pág. 71)
- 3.8.3 Aprendizaje por Refuerzo (Pág. 71)
- 3.8.4 Procesamiento de Lenguaje Natural con Transformers (Pág. 71)
- 3.8.5 Modelos Generativos y GANs (Pág. 72)

3.9 Computación Simbólica y Discreta (SDC) (Pág. 72)

- 3.9.1 Teoría de Grupos y Algoritmos Algebraicos (Pág. 72)
- 3.9.2 Teoría de Números Computacional y Criptografía (Pág. 73)
- 3.9.3 Sistemas de Computación Simbólica (Pág. 73)
- 3.9.4 Lógica Computacional y Verificación Formal (Pág. 73)

3.10 Señales, Imágenes y Visualización (SIV) (Pág. 74)

- 3.10.1 Análisis de Fourier y Wavelets (Pág. 74)
- 3.10.2 Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Computacional (Pág. 74)
- 3.10.3 Visualización Científica y Computación Visual (Pág. 75)
- 3.10.4 Gráficos por Computadora y Geometría Computacional (Pág. 75)

3.11 Computación Cuántica y Algoritmos (QCA) (Pág. 75)

- 3.11.1 Fundamentos de Mecánica Cuántica para Computación (Pág. 76)
- 3.11.2 Qubits y Circuitos Cuánticos (Pág. 76)
- 3.11.3 Algoritmos Cuánticos (Pág. 76)
- 3.11.4 Criptografía Post-Cuántica y Simulación Cuántica (Pág. 77)

3.12 Ciberseguridad y Privacidad (CSP) (Pág. 77)

- 3.12.1 Criptografía Simétrica (Pág. 77)
- 3.12.2 Criptografía Asimétrica (Pág. 78)
- 3.12.3 Computación con Preservación de la Privacidad (Pág. 78)
- 3.12.4 Teoría de la Información y Compresión de Datos (Pág. 78)

3.13 Matemáticas Computacionales para Dominios Específicos (CDM) (Pág. 79)

- 3.13.1 Bioinformática y Biología Computacional (Pág. 79)
- 3.13.2 Finanzas Computacionales y Ciencia del Riesgo (Pág. 79)
- 3.13.3 Física Computacional y Química Cuántica (Pág. 80)
- 3.13.4 Ciencia de Materiales Computacional (Pág. 80)
- 3.13.5 Modelado Climático y Sistemas Complejos (Pág. 80)

3.14 Gobernanza y Gestión de Datos (DGM) (Pág. 81)

- 3.14.1 Ética en IA y Algoritmos Responsables (Pág. 81)
- 3.14.2 Gestión de Proyectos de Datos y MLOps (Pág. 81)
- 3.14.3 Gobernanza de Datos y Cumplimiento Normativo (Pág. 82)

3.1. Análisis Numérico y Científico (NSA)

Esta área cubre los métodos numéricos fundamentales y su análisis que forman la base de las matemáticas computacionales. Se enfoca en el desarrollo, implementación y análisis de algoritmos para resolver problemas matemáticos numéricamente, con un fuerte énfasis en comprender y controlar los errores que surgen de la aritmética de precisión finita y las aproximaciones discretas. Este conocimiento es esencial para todas las áreas posteriores en matemáticas computacionales, ya que proporciona las herramientas para garantizar que las soluciones calculadas sean precisas, estables y confiables.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.1.1 Aritmética Computacional y Análisis de Error (Pág. 56)			No
3.1.2 Álgebra Lineal Numérica (Pág. 56)			No
3.1.3 Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (Pág. 57)			No
3.1.4 Interpolación y Aproximación de Funciones (Pág. 57)			No
3.1.5 Diferenciación e Integración Numérica (Pág. 58)			No
3.1.6 Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (Pág. 58)			No

3.1.1. NSA/Aritmética Computacional y Análisis de Error

Temas:

Core Tier1

- Aritmética de punto flotante y el estándar IEEE
- Fuentes de error: truncamiento, redondeo y discretización
- Propagación de error y número de condición
- Estabilidad de algoritmos numéricos
- Error absoluto, relativo y directo/inverso

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Definir los diferentes tipos de errores en computación numérica (redondeo, truncamiento, discretización) [Familiarizarse]
2. Explicar los principios de representación y aritmética de punto flotante según el estándar IEEE [Familiarizarse]
3. Calcular el error absoluto y relativo de una aproximación [Usar]
4. Analizar la propagación de errores en una secuencia de operaciones aritméticas [Usar]
5. Distinguir entre la condición de un problema y la estabilidad de un algoritmo [Evaluar]
6. Calcular el número de condición de un problema simple (ej., multiplicación matriz-vector) [Usar]

3.1.2. NSA/Álgebra Lineal Numérica

Temas:

Core Tier1

- Descomposición LU y sus aplicaciones
- Descomposición QR y problemas de mínimos cuadrados
- Descomposición en Valores Singulares (SVD) y sus aplicaciones
- Número de condición y estabilidad numérica de sistemas lineales
- Métodos iterativos para sistemas lineales (Jacobi, Gauss-Seidel, Gradiente Conjugado)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):
Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de descomposición LU y QR para resolver sistemas lineales [Usar]
2. Explicar el significado geométrico y algebraico de la Descomposición en Valores Singulares [Familiarizarse]
3. Usar SVD para aplicaciones como aproximación matricial y análisis de componentes principales [Usar]
4. Analizar la estabilidad de un sistema lineal usando su número de condición [Evaluar]
5. Seleccionar e implementar un método iterativo apropiado para resolver sistemas lineales grandes y dispersos [Evaluar]

3.1.3. NSA/Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica

Temas:

Core Tier1

- Método de bisección e iteración de punto fijo
- Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces
- Análisis de convergencia y orden de convergencia
- Descenso de gradiente para optimización univariada
- Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, secante) y analizar su convergencia [Usar]
2. Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar]
3. Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar]
4. Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

3.1.4. NSA/Interpolación y Aproximación de Funciones

Temas:

Core Tier1

- Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton)
- Interpolación por splines (splines cúbicos)
- Aproximación por mínimos cuadrados
- Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev
- Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar]
2. Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar]
3. Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar]
4. Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse]
5. Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

3.1.5. NSA/Diferenciación e Integración Numérica

Temas:

Core Tier1

- Aproximaciones por diferencias finitas (adelantadas, atrasadas, centradas)
- Extrapolación de Richardson
- Fórmulas de Newton-Cotes (regla del trapecio, regla de Simpson)
- Cuadratura gaussiana
- Análisis de error para integración numérica

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular derivadas de funciones usando esquemas de diferencias finitas [Usar]
2. Aplicar extrapolación de Richardson para mejorar la precisión de aproximaciones numéricas [Usar]
3. Implementar reglas de integración numérica (Trapecio, Simpson, Gaussiana) [Usar]
4. Comparar la precisión y eficiencia de diferentes métodos de integración numérica [Evaluar]
5. Analizar el error para fórmulas de diferenciación e integración numérica [Evaluar]

3.1.6. NSA/Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs)

Temas:

Core Tier1

- Método de Euler y sus variantes (explícito, implícito)
- Métodos de Runge-Kutta
- Métodos multipaso (Adams-Bashforth, Adams-Moulton)
- Análisis de estabilidad y convergencia para solucionadores de EDOs
- Sistemas de EDOs y EDOs de orden superior

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar solucionadores básicos de EDOs (Euler, Runge-Kutta) [Usar]
2. Analizar las propiedades de estabilidad y convergencia de métodos numéricos para EDOs [Evaluar]
3. Seleccionar un método numérico apropiado para una EDO dada basado en requisitos de estabilidad y precisión [Evaluar]
4. Resolver sistemas de EDOs y convertir EDOs de orden superior a sistemas de primer orden [Usar]

3.2. Modelado Matemático y Simulación (MMS)

Esta área se enfoca en el proceso de crear, analizar y validar modelos matemáticos para representar sistemas del mundo real. Cubre tanto paradigmas de modelado continuo como discreto, así como enfoques deterministas y estocásticos. Los estudiantes aprenden a formular modelos, implementar simulaciones y evaluar críticamente los resultados mediante análisis de sensibilidad y cuantificación de incertidumbre. Este conocimiento es esencial para aplicar matemáticas computacionales a problemas complejos en ciencia, ingeniería y otros dominios.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.2.1 Formulación de Modelos Matemáticos (Pág. 59)			No
3.2.2 Simulación de Sistemas Discretos (Pág. 59)			No
3.2.3 Simulación de Sistemas Continuos (Pág. 59)			No
3.2.4 Análisis de Sensibilidad y Robustez (Pág. 60)			No
3.2.5 Validación y Verificación de Modelos (Pág. 60)			No

3.2.1. MMS/Formulación de Modelos Matemáticos

Temas:

Core Tier1

- Proceso y ciclo de modelado
- Modelos continuos vs. discretos
- Modelos deterministas vs. estocásticos
- Identificación de supuestos y técnicas de simplificación
- Análisis dimensional y escalado

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Describir el ciclo completo de modelado desde la definición del problema hasta la interpretación de la solución [Familiarizarse]
2. Clasificar modelos como continuos/discretos y deterministas/estocásticos [Evaluar]
3. Identificar y justificar supuestos apropiados para simplificación de modelos [Evaluar]
4. Aplicar análisis dimensional para reducir la complejidad de modelos físicos [Usar]

3.2.2. MMS/Simulación de Sistemas Discretos

Temas:

Core Tier1

- Teoría de colas y modelos
- Autómatas celulares y modelos basados en agentes
- Métodos de simulación Monte Carlo
- Cadenas y procesos de Markov
- Simulación de eventos discretos

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Formular y analizar modelos simples de colas [Usar]
2. Implementar autómatas celulares y simulaciones basadas en agentes [Usar]
3. Aplicar métodos Monte Carlo para simulación probabilística [Usar]
4. Analizar cadenas de Markov para transiciones de estado y comportamiento en estado estacionario [Evaluar]
5. Diseñar simulaciones de eventos discretos para análisis de sistemas [Usar]

3.2.3. MMS/Simulación de Sistemas Continuos

Temas:

Core Tier1

- Modelos de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs)
- Modelos de Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDPs)
- Métodos de diferencias finitas para EDPs
- Selección e implementación de solucionadores

- Sistemas stiff y métodos adaptativos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Formular modelos de EDOs y EDPs para sistemas físicos [Usar]
2. Implementar métodos de diferencias finitas para EDPs simples [Usar]
3. Seleccionar solucionadores numéricos apropiados para diferentes tipos de EDOs/EDPs [Evaluar]
4. Manejar sistemas stiff usando métodos numéricos apropiados [Usar]

3.2.4. MMS/Análisis de Sensibilidad y Robustez

Temas:

Core Tier1

- Análisis de sensibilidad local (derivadas parciales)
- Análisis de sensibilidad global (índices de Sobol)
- Método de Morris y técnicas de screening
- Análisis de robustez y escenarios del peor caso
- Propagación de incertidumbre

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Realizar análisis de sensibilidad local usando métodos basados en derivadas [Usar]
2. Aplicar técnicas de análisis de sensibilidad global (ej., índices de Sobol) [Usar]
3. Usar el método de Morris para screening de factores [Usar]
4. Evaluar la robustez del modelo bajo variaciones de parámetros [Evaluar]
5. Cuantificar la propagación de incertidumbre a través de modelos [Evaluar]

3.2.5. MMS/Validación y Verificación de Modelos

Temas:

Core Tier1

- Verificación: corrección del código numérico
- Validación: comparación con datos experimentales
- Cuantificación de Incertidumbre (UQ) en modelos
- Calibración de modelos y estimación de parámetros
- Pruebas y métricas de bondad de ajuste

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Distinguir entre verificación y validación en modelado [Familiarizarse]
2. Aplicar técnicas de verificación para garantizar la corrección del código [Usar]
3. Validar modelos usando datos experimentales y pruebas estadísticas [Usar]
4. Calibrar parámetros del modelo usando técnicas de optimización [Usar]
5. Aplicar métodos de cuantificación de incertidumbre para evaluar la confiabilidad del modelo [Usar]

3.3. Probabilidad y Computación Estadística (PSC)

Esta área conecta los fundamentos teóricos de probabilidad y estadística con su implementación computacional. Cubre modelado probabilístico avanzado, métodos de inferencia computacional y el diseño de experimentos in silico. Los estudiantes aprenden a aplicar procesos estocásticos, métodos bayesianos y técnicas de remuestreo para analizar sistemas complejos y tomar decisiones basadas en datos bajo incertidumbre. Este conocimiento es crucial para el análisis de datos moderno, el aprendizaje automático y la computación científica.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.3.1 Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos (Pág. 61)			No
3.3.2 Inferencia Estadística Computacional (Pág. 61)			No
3.3.3 Diseño de Experimentos Computacionales (Pág. 62)			No
3.3.4 Métodos de Remuestreo y Validación (Pág. 62)			No

3.3.1. PSC/Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos

Temas:

Core Tier1

- Fundamentos de probabilidad medida-teórica
- Variables aleatorias y distribuciones
- Caracterización de procesos estocásticos
- Cadenas y procesos de Markov
- Movimiento browniano y procesos de difusión

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Aplicar conceptos medida-teóricos a espacios de probabilidad [Familiarizarse]
2. Caracterizar diferentes tipos de procesos estocásticos [Evaluar]
3. Analizar cadenas de Markov para comportamiento transitorio y en estado estacionario [Usar]
4. Modelar sistemas usando procesos estocásticos en tiempo continuo [Usar]

3.3.2. PSC/Inferencia Estadística Computacional

Temas:

Core Tier1

- Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE)
- Métodos de inferencia bayesiana
- Métodos de Monte Carlo mediante Cadenas de Markov (MCMC)
- Algoritmo Expectación-Maximización (EM)
- Remuestreo bootstrap y jackknife

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Implementar Estimación de Máxima Verosimilitud para varias distribuciones [Usar]
2. Aplicar métodos bayesianos para estimación de parámetros [Usar]
3. Implementar algoritmos MCMC para muestreo posterior [Usar]
4. Usar el algoritmo EM para modelos con variables latentes [Usar]
5. Aplicar métodos bootstrap para intervalos de confianza [Usar]

3.3.3. PSC/Diseño de Experimentos Computacionales

Temas:

Core Tier1

- Diseños factoriales y factoriales fraccionados
- Metodología de superficie de respuesta
- Diseños de llenado de espacio (hipercubo latino)
- Diseño óptimo de experimentos
- Experimentos computacionales y modelado sustituto

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar experimentos factoriales para screening de factores [Usar]
2. Aplicar metodología de superficie de respuesta para optimización [Usar]
3. Implementar diseños de llenado de espacio para experimentos computacionales [Usar]
4. Seleccionar diseños óptimos para objetivos específicos [Evaluar]
5. Construir modelos sustitutos para simulaciones costosas [Usar]

3.3.4. PSC/Métodos de Remuestreo y Validación

Temas:

Core Tier1

- Estimación bootstrap e intervalos de confianza
- Técnicas de validación cruzada
- Pruebas de permutación y aleatorización
- Selección de modelos y criterios de información
- Métodos de ensamblado y bagging

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar bootstrap para estimación de error estándar [Usar]
2. Aplicar validación cruzada para evaluación de modelos [Usar]
3. Usar pruebas de permutación para contraste de hipótesis [Usar]
4. Comparar modelos usando criterios de información (AIC, BIC) [Evaluar]
5. Implementar bagging para reducción de varianza [Usar]

3.4. Estructuras de Datos y Algoritmos (DSA)

Esta área proporciona el conjunto de herramientas fundamental para diseñar y analizar soluciones computacionales eficientes. Cubre los fundamentos teóricos de la complejidad algorítmica, la implementación práctica de estructuras de datos fundamentales y avanzadas, y los principios de diseño detrás de algoritmos eficientes para búsqueda, ordenamiento, procesamiento de grafos y optimización combinatoria. Este conocimiento forma el núcleo computacional que permite a los estudiantes desarrollar soluciones eficientes en todas las demás áreas de las matemáticas computacionales.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.4.1 Complejidad Algorítmica y Análisis Asintótico (Pág. 63)			No
3.4.2 Estructuras de Datos Fundamentales y Avanzadas (Pág. 63)			No
3.4.3 Algoritmos de Búsqueda y Ordenamiento (Pág. 63)			No
3.4.4 Algoritmos de Grafos y Optimización Combinatoria (Pág. 64)			No
3.4.5 Algoritmos Paralelos y Distribuidos (Pág. 64)			No

3.4.1. DSA/Complejidad Algorítmica y Análisis Asintótico

Temas:

Core Tier1

- Medidas de complejidad y notación asintótica
- Análisis del mejor caso, caso promedio y peor caso
- Relaciones de recurrencia y técnicas de resolución
- Análisis empírico de algoritmos
- Complejidad espacial y compensaciones

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Analizar algoritmos usando notación asintótica (Big O, Omega, Theta) [Usar]
2. Diferenciar entre complejidades del mejor caso, caso promedio y peor caso [Evaluar]
3. Resolver relaciones de recurrencia para análisis de algoritmos [Usar]
4. Comparar algoritmos mediante mediciones empíricas [Evaluar]

3.4.2. DSA/Estructuras de Datos Fundamentales y Avanzadas

Temas:

Core Tier1

- Arreglos, listas enlazadas y arreglos dinámicos
- Pilas, colas y deque
- Tablas hash y resolución de colisiones
- Árboles y árboles de búsqueda binaria
- Montículos y colas de prioridad

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar estructuras de datos básicas desde cero [Usar]
2. Analizar complejidad temporal/espacial de operaciones de estructuras de datos [Evaluar]
3. Seleccionar estructuras de datos apropiadas para problemas dados [Evaluar]
4. Manejar colisiones hash usando diferentes estrategias [Usar]

3.4.3. DSA/Algoritmos de Búsqueda y Ordenamiento

Temas:

Core Tier1

- Búsqueda lineal y binaria
- Ordenamiento basado en comparación (QuickSort, MergeSort, HeapSort)
- Ordenamiento sin comparación (RadixSort, CountingSort)
- Algoritmos de selección y estadísticas de orden
- Ordenamiento externo y procesamiento a gran escala

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar y comparar algoritmos de búsqueda [Usar]
2. Analizar complejidad temporal/espacial de algoritmos de ordenamiento [Evaluar]
3. Seleccionar algoritmo de ordenamiento apropiado para características de datos [Evaluar]
4. Implementar algoritmos de estadísticas de orden [Usar]

3.4.4. DSA/Algoritmos de Grafos y Optimización Combinatoria

Temas:

Core Tier1

- Representación de grafos y recorrido (BFS, DFS)
- Algoritmos de camino más corto (Dijkstra, Bellman-Ford)
- Árboles de expansión mínima (Prim, Kruskal)
- Flujo en redes y emparejamiento
- NP-completitud y algoritmos de aproximación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de recorrido de grafos [Usar]
2. Resolver problemas de camino más corto usando algoritmos apropiados [Usar]
3. Construir árboles de expansión mínima [Usar]
4. Analizar complejidad de algoritmos de grafos [Evaluar]
5. Diseñar algoritmos de aproximación para problemas NP-difíciles [Usar]

3.4.5. DSA/Algoritmos Paralelos y Distribuidos

Temas:

Core Tier1

- Modelos de computación paralela (PRAM)
- Algoritmos paralelos básicos (reducción, scan)
- Algoritmos distribuidos y consenso
- Sincronización y balanceo de carga
- MapReduce y procesamiento distribuido de datos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Analizar algoritmos paralelos usando el modelo trabajo-span [Evaluar]
2. Implementar operaciones de reducción y scan paralelas [Usar]
3. Diseñar algoritmos distribuidos para consenso [Usar]
4. Aplicar el paradigma MapReduce al procesamiento de datos [Usar]

3.5. Computación de Alto Rendimiento (HPC)

Esta área se enfoca en los principios y prácticas de desarrollar soluciones computacionales que aprovechan los recursos de computación paralela y distribuida para resolver problemas científicos y de ingeniería a gran escala. Cubre arquitecturas de computadoras, modelos de programación paralela, técnicas de optimización para hardware moderno y la implementación de métodos numéricos en sistemas de alto rendimiento. Este conocimiento permite a los estudiantes abordar problemas computacionalmente intensivos que son inviables en sistemas de un solo procesador.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.5.1 Arquitecturas de Computadoras Paralelas (Pág. 65)			No
3.5.2 Programación Paralela de Memoria Compartida (Pág. 65)			No
3.5.3 Programación Paralela de Memoria Distribuida (Pág. 65)			No
3.5.4 Programación de Aceleradores (Pág. 66)			No
3.5.5 Métodos Numéricos Paralelos (Pág. 66)			No

3.5.1. HPC/Arquitecturas de Computadoras Paralelas

Temas:

Core Tier1

- Taxonomía de Flynn y arquitecturas paralelas
- Jerarquías de memoria y coherencia de caché
- Procesadores multi-núcleo y memoria compartida
- Sistemas de memoria distribuida y clusters
- Aceleradores (GPUs, FPGAs) y computación heterogénea

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Clasificar arquitecturas paralelas usando la taxonomía de Flynn [Familiarizarse]
2. Analizar efectos de la jerarquía de memoria en el rendimiento [Evaluar]
3. Comparar sistemas multi-núcleo y de memoria distribuida [Evaluar]
4. Seleccionar aceleradores apropiados para tareas computacionales específicas [Evaluar]

3.5.2. HPC/Programación Paralela de Memoria Compartida

Temas:

Core Tier1

- Modelo de programación OpenMP
- Creación y gestión de hilos
- Primitivas de sincronización (cerrojos, barreras)
- Compartición de datos y alcance
- Optimización de rendimiento y balanceo de carga

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos paralelos usando OpenMP [Usar]
2. Gestionar hilos y paralelismo de tareas [Usar]
3. Aplicar mecanismos de sincronización correctamente [Usar]
4. Optimizar el rendimiento de memoria compartida [Usar]

3.5.3. HPC/Programación Paralela de Memoria Distribuida

Temas:

Core Tier1

- Modelo de programación MPI
- Comunicación punto a punto
- Operaciones de comunicación colectiva
- Topologías de procesos y grupos
- Análisis de escalabilidad y optimización

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos distribuidos usando MPI [Usar]
2. Manejar comunicaciones punto a punto y colectivas [Usar]
3. Diseñar topologías de procesos eficientes [Usar]
4. Analizar escalabilidad de aplicaciones distribuidas [Evaluar]

3.5.4. HPC/Programación de Aceleradores

Temas:

Core Tier1

- Arquitectura GPU y modelos de programación
- Modelo de programación CUDA
- Directivas OpenACC
- Diseño y optimización de kernels
- Gestión de memoria en aceleradores

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Programar GPUs usando CUDA [Usar]
2. Aplicar directivas OpenACC para programación de aceleradores [Usar]
3. Diseñar kernels GPU eficientes [Usar]
4. Gestionar la jerarquía de memoria GPU efectivamente [Usar]

3.5.5. HPC/Métodos Numéricos Paralelos

Temas:

Core Tier1

- Algoritmos de álgebra lineal paralela
- Solucionadores paralelos de EDPs
- Métodos de descomposición de dominio
- Balanceo de carga para computaciones numéricas
- Afinamiento de rendimiento y profiling

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos numéricos paralelos [Usar]
2. Aplicar descomposición de dominio para EDPs [Usar]
3. Balancear carga computacional entre procesadores [Usar]
4. Afinar el rendimiento de códigos numéricos paralelos [Usar]

3.6. Optimización y Aprendizaje Automático (OML)

Esta área cubre los fundamentos matemáticos y métodos computacionales para optimización, con especial énfasis en técnicas relevantes para el aprendizaje automático. Incluye optimización convexa y no convexa, optimización con restricciones, métodos de optimización a gran escala y metaheurísticas. El área conecta la teoría de optimización tradicional con aplicaciones modernas de aprendizaje automático, proporcionando las herramientas necesarias para entrenar modelos complejos y resolver problemas de optimización a gran escala eficientemente.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.6.1 Optimización Convexa y No Convexa (Pág. 67)			No
3.6.2 Optimización con Restricciones (Pág. 67)			No
3.6.3 Optimización para Aprendizaje Automático (Pág. 67)			No
3.6.4 Optimización a Gran Escala y Distribuida (Pág. 68)			No
3.6.5 Metaheurísticas y Optimización Bioinspirada (Pág. 68)			No

3.6.1. OML/Optimización Convexa y No Convexa

Temas:

Core Tier1

- Conjuntos y funciones convexas
- Condiciones de optimalidad
- Métodos de gradiente para optimización convexa
- Desafíos de optimización no convexa
- Análisis de convergencia

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Caracterizar problemas de optimización convexa [Evaluar]
2. Aplicar condiciones de optimalidad para verificar soluciones [Usar]
3. Implementar métodos basados en gradiente para problemas convexos [Usar]
4. Analizar desafíos en optimización no convexa [Evaluar]

3.6.2. OML/Optimización con Restricciones

Temas:

Core Tier1

- Programación lineal (método simplex)
- Programación entera
- Multiplicadores de Lagrange y condiciones KKT
- Métodos de penalización y barrera
- Teoría de dualidad

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Resolver problemas de programación lineal [Usar]
2. Formular y resolver problemas de programación entera [Usar]
3. Aplicar condiciones KKT a problemas con restricciones [Usar]
4. Usar métodos de penalización para optimización con restricciones [Usar]

3.6.3. OML/Optimización para Aprendizaje Automático

Temas:

Core Tier1

- Descenso de gradiente estocástico
- Momentum y métodos adaptativos (Adam, RMSProp)
- Regularización y dispersidad
- Optimización distribuida para AA
- Métodos de segundo orden para AA

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar variantes de descenso de gradiente estocástico [Usar]
2. Aplicar métodos de optimización adaptativos [Usar]
3. Usar regularización para generalización de modelos [Usar]
4. Diseñar estrategias de optimización distribuidas [Usar]

3.6.4. OML/Optimización a Gran Escala y Distribuida

Temas:

Core Tier1

- Métodos de primer orden para problemas a gran escala
- Descenso coordinado y métodos por bloques
- Consenso y optimización distribuida
- Optimización de aprendizaje federado
- Optimización distribuida eficiente en comunicación

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar métodos de primer orden a problemas a gran escala [Usar]
2. Implementar algoritmos de descenso coordinado [Usar]
3. Diseñar algoritmos distribuidos basados en consenso [Usar]
4. Optimizar sistemas de aprendizaje federado [Usar]

3.6.5. OML/Metaheurísticas y Optimización Bioinspirada

Temas:

Core Tier1

- Algoritmos genéticos y estrategias evolutivas
- Inteligencia de enjambre (PSO, colonia de hormigas)
- Temple simulado
- Búsqueda tabú
- Metaheurísticas híbridas

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos genéticos [Usar]
2. Aplicar métodos de inteligencia de enjambre [Usar]
3. Usar temple simulado para optimización global [Usar]
4. Diseñar enfoques metaheurísticos híbridos [Usar]

3.7. Matemáticas para Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático (DSM)

Esta área proporciona los fundamentos matemáticos subyacentes a la ciencia de datos moderna y el aprendizaje automático. Cubre la teoría de aprendizaje estadístico, métodos de aprendizaje supervisado y no supervisado, técnicas de evaluación de modelos y los principios matemáticos que gobiernan el comportamiento de los algoritmos de aprendizaje. El enfoque está en comprender por qué funcionan los métodos de aprendizaje automático, sus garantías teóricas y sus limitaciones, en lugar de solo su aplicación.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.7.1 Fundamentos del Aprendizaje Estadístico (Pág. 69)			No
3.7.2 Métodos de Aprendizaje Supervisado (Pág. 69)			No
3.7.3 Métodos de Aprendizaje No Supervisado (Pág. 69)			No
3.7.4 Evaluación y Selección de Modelos (Pág. 70)			No

3.7.1. DSM/Fundamentos del Aprendizaje Estadístico

Temas:

Core Tier1

- Compensación sesgo-varianza
- Teoría de Vapnik-Chervonenkis (VC)
- Minimización de riesgo empírico
- Cotass de generalización
- Fundamentos de teoría de aprendizaje

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Analizar la compensación sesgo-varianza en selección de modelos [Evaluar]
2. Aplicar teoría VC para analizar complejidad de modelos [Usar]
3. Implementar minimización de riesgo empírico [Usar]
4. Interpretar cotas de generalización [Familiarizarse]

3.7.2. DSM/Métodos de Aprendizaje Supervisado

Temas:

Core Tier1

- Modelos lineales y extensiones
- Máquinas de Vectores Soporte (SVM)
- Árboles de decisión y métodos de ensamblado
- Métodos de kernel
- Aprendizaje supervisado probabilístico

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar y analizar modelos lineales [Usar]
2. Aplicar SVM para clasificación y regresión [Usar]
3. Construir métodos de ensamblado (bagging, boosting) [Usar]
4. Usar métodos de kernel para problemas no lineales [Usar]

3.7.3. DSM/Métodos de Aprendizaje No Supervisado

Temas:

Core Tier1

- Algoritmos de clustering (k-means, jerárquico)
- Reducción de dimensionalidad (PCA, t-SNE)
- Estimación de densidad
- Aprendizaje de variedades
- Autoencoders y aprendizaje profundo no supervisado

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar algoritmos de clustering para exploración de datos [Usar]
2. Implementar PCA y otros métodos de reducción de dimensionalidad [Usar]
3. Usar estimación de densidad para aprendizaje no supervisado [Usar]
4. Analizar técnicas de aprendizaje de variedades [Evaluar]

3.7.4. DSM/Evaluación y Selección de Modelos

Temas:

Core Tier1

- Estrategias de validación cruzada
- Métricas de rendimiento para clasificación y regresión
- Comparación de modelos y pruebas estadísticas
- Optimización de hiperparámetros
- Curvas de aprendizaje y herramientas de diagnóstico

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar validación cruzada para evaluación de modelos [Usar]
2. Seleccionar métricas de rendimiento apropiadas [Evaluar]
3. Comparar modelos usando pruebas estadísticas [Usar]
4. Optimizar hiperparámetros usando métodos sistemáticos [Usar]

3.8. Matemáticas para Inteligencia Artificial (AIM)

Esta área cubre los fundamentos matemáticos avanzados de la inteligencia artificial moderna, con énfasis en la teoría del aprendizaje profundo, arquitecturas neuronales avanzadas, aprendizaje por refuerzo y modelos generativos. Proporciona la comprensión teórica necesaria para desarrollar arquitecturas de IA novedosas, analizar sus propiedades y entender sus limitaciones. El enfoque está en los principios matemáticos que permiten a las máquinas aprender representaciones complejas y tomar decisiones inteligentes.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.8.1 Teoría del Aprendizaje Profundo (Pág. 70)			No
3.8.2 Arquitecturas Neuronales Avanzadas (Pág. 71)			No
3.8.3 Aprendizaje por Refuerzo (Pág. 71)			No
3.8.4 Procesamiento de Lenguaje Natural con Transformers (Pág. 71)			No
3.8.5 Modelos Generativos y GANs (Pág. 72)			No

3.8.1. AIM/Teoría del Aprendizaje Profundo

Temas:

Core Tier1

- Teoremas de aproximación universal
- Paisaje de optimización de redes profundas
- Generalización en aprendizaje profundo
- Teoría de aprendizaje de representaciones
- Dinámicas de entrenamiento y flujo de gradiente

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Explicar los teoremas de aproximación universal y sus implicaciones [Familiarizarse]
2. Analizar el paisaje de optimización de redes profundas [Evaluar]
3. Estudiar fenómenos de generalización en aprendizaje profundo [Evaluar]
4. Analizar dinámicas de entrenamiento de redes neuronales [Evaluar]

3.8.2. AIM/Arquitecturas Neuronales Avanzadas

Temas:

Core Tier1

- Redes Neuronales Convolucionales (CNNs)
- Redes Neuronales Recurrentes (RNNs) y LSTMs
- Arquitecturas Transformer
- Mecanismos de atención
- Redes Neuronales de Grafos (GNNs)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar arquitecturas CNN para tareas visuales [Usar]
2. Implementar RNNs para modelado de secuencias [Usar]
3. Aplicar arquitecturas Transformer a varios dominios [Usar]
4. Usar mecanismos de atención en redes neuronales [Usar]

3.8.3. AIM/Aprendizaje por Refuerzo

Temas:

Core Tier1

- Procesos de Decisión de Markov (MDPs)
- Iteración de valor e iteración de política
- Q-learning y aprendizaje por diferencias temporales
- Métodos de gradiente de política
- Aprendizaje por refuerzo profundo

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Formular problemas como Procesos de Decisión de Markov [Usar]
2. Implementar iteración de valor y de política [Usar]
3. Aplicar Q-learning para RL libre de modelo [Usar]
4. Usar métodos de gradiente de política [Usar]

3.8.4. AIM/Procesamiento de Lenguaje Natural con Transformers

Temas:

Core Tier1

- Arquitectura Transformer y auto-atención
- BERT y modelos de lenguaje pre-entrenados
- Modelos GPT y generación autoregresiva
- Transformers multimodales
- Variantes eficientes de transformers

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar modelos transformer desde cero [Usar]
2. Afinar modelos de lenguaje pre-entrenados [Usar]
3. Aplicar modelos GPT para generación de texto [Usar]
4. Usar transformers multimodales para tareas cross-modales [Usar]

3.8.5. AIM/Modelos Generativos y GANs

Temas:

Core Tier1

- Redes Generativas Antagónicas (GANs)
- Autoencoders Variacionales (VAEs)
- Flujos normalizantes
- Modelos de difusión
- Evaluación de modelos generativos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar GANs para generación de imágenes [Usar]
2. Aplicar VAEs para aprendizaje de representaciones latentes [Usar]
3. Usar modelos de difusión para generación [Usar]
4. Evaluar la calidad de modelos generativos [Evaluar]

3.9. Computación Simbólica y Discreta (SDC)

Esta área conecta disciplinas matemáticas clásicas con métodos computacionales, enfocándose en computación simbólica, algoritmos algebraicos, aplicaciones de teoría de números y lógica computacional. Cubre la manipulación de expresiones matemáticas en forma exacta, los aspectos computacionales de las matemáticas discretas y la aplicación de estas técnicas a criptografía y verificación formal. Este conocimiento es esencial para desarrollar sistemas de álgebra computacional, protocolos criptográficos y software formalmente verificado.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.9.1 Teoría de Grupos y Algoritmos Algebraicos (Pág. 72)			No
3.9.2 Teoría de Números Computacional y Criptografía (Pág. 73)			No
3.9.3 Sistemas de Computación Simbólica (Pág. 73)			No
3.9.4 Lógica Computacional y Verificación Formal (Pág. 73)			No

3.9.1. SDC/Teoría de Grupos y Algoritmos Algebraicos

Temas:

Core Tier1

- Fundamentos de teoría de grupos y representación computacional
- Algoritmos algebraicos para operaciones de grupos
- Grupos de permutación y simetría computacional
- Aplicaciones en criptografía y teoría de códigos
- Complejidad de algoritmos algebraicos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar operaciones fundamentales de grupos computacionalmente [Usar]
2. Analizar algoritmos algebraicos para teoría de grupos [Evaluar]
3. Aplicar grupos de permutación a problemas de simetría [Usar]
4. Usar teoría de grupos en aplicaciones criptográficas [Usar]

3.9.2. SDC/Teoría de Números Computacional y Criptografía

Temas:

Core Tier1

- Aritmética modular y algoritmos
- Pruebas de primalidad y factorización
- Criptografía de curva elíptica
- Problema del logaritmo discreto
- Fundamentos de criptografía post-cuántica

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de aritmética modular [Usar]
2. Aplicar métodos de prueba de primalidad [Usar]
3. Usar curvas elípticas en protocolos criptográficos [Usar]
4. Analizar sistemas basados en logaritmo discreto [Evaluar]

3.9.3. SDC/Sistemas de Computación Simbólica

Temas:

Core Tier1

- Sistemas de álgebra computacional (Mathematica, SymPy)
- Integración y diferenciación simbólica
- Resolución de ecuaciones y simplificación
- Demostración de teoremas y razonamiento automatizado
- Aplicaciones en computación científica

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Usar sistemas de álgebra computacional para computación matemática [Usar]
2. Implementar algoritmos de computación simbólica [Usar]
3. Aplicar técnicas de demostración de teoremas [Usar]
4. Conectar computación simbólica y numérica [Evaluar]

3.9.4. SDC/Lógica Computacional y Verificación Formal

Temas:

Core Tier1

- Lógica proposicional y de predicados
- Solucionadores SAT y satisfacibilidad
- Verificación de modelos y lógica temporal
- Verificación de programas y lógica de Hoare
- Demostradores de teoremas interactivos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar lógica computacional a resolución de problemas [Usar]
2. Usar solucionadores SAT para satisfacción de restricciones [Usar]
3. Implementar algoritmos de verificación de modelos [Usar]
4. Verificar programas usando métodos formales [Usar]

3.10. Señales, Imágenes y Visualización (SIV)

Esta área cubre los fundamentos matemáticos y computacionales para procesar, analizar y visualizar señales, imágenes y datos. Incluye análisis de Fourier y wavelets, procesamiento digital de imágenes, algoritmos de visión computacional, técnicas de visualización científica y gráficos por computadora. El enfoque está en desarrollar la comprensión matemática y las habilidades computacionales necesarias para extraer información de datos sensoriales y crear representaciones visuales efectivas de información compleja.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.10.1 Análisis de Fourier y Wavelets (Pág. 74)			No
3.10.2 Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Computacional (Pág. 74)			No
3.10.3 Visualización Científica y Computación Visual (Pág. 75)			No
3.10.4 Gráficos por Computadora y Geometría Computacional (Pág. 75)			No

3.10.1. SIV/Análisis de Fourier y Wavelets

Temas:

Core Tier1

- Series y transformadas de Fourier
- Transformada de Fourier Discreta (DFT) y FFT
- Transformadas wavelet y análisis multiresolución
- Diseño de filtros y procesamiento de señales
- Aplicaciones en análisis de señales e imágenes

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos FFT para procesamiento de señales [Usar]
2. Aplicar transformadas wavelet para análisis multiescala [Usar]
3. Diseñar filtros digitales para procesamiento de señales [Usar]
4. Analizar señales en el dominio de la frecuencia [Evaluar]

3.10.2. SIV/Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Computacional

Temas:

Core Tier1

- Representación de imágenes y espacios de color
- Filtrado y mejora de imágenes
- Segmentación de imágenes y detección de características
- Procesamiento morfológico de imágenes
- Algoritmos de visión computacional

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de filtrado de imágenes [Usar]
2. Aplicar técnicas de segmentación de imágenes [Usar]
3. Usar operaciones morfológicas para análisis de imágenes [Usar]
4. Desarrollar aplicaciones de visión computacional [Usar]

3.10.3. SIV/Visualización Científica y Computación Visual

Temas:

Core Tier1

- Principios de visualización y percepción
- Visualización de flujo y campos vectoriales
- Renderizado volumétrico e isosuperficies
- Visualización de información
- Analítica visual y exploración interactiva

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Diseñar visualizaciones científicas efectivas [Usar]
2. Implementar técnicas de visualización de flujo [Usar]
3. Aplicar renderizado volumétrico a datos científicos [Usar]
4. Crear herramientas de analítica visual interactiva [Usar]

3.10.4. SIV/Gráficos por Computadora y Geometría Computacional

Temas:

Core Tier1

- Pipeline de renderizado y transformaciones
- Algoritmos geométricos y estructuras de datos
- Representación de curvas y superficies
- Detección de colisiones y geometría computacional
- Gráficos en tiempo real y programación GPU

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos básicos de renderizado [Usar]
2. Aplicar algoritmos de geometría computacional [Usar]
3. Diseñar curvas y superficies usando representaciones matemáticas [Usar]
4. Desarrollar aplicaciones gráficas aceleradas por GPU [Usar]

3.11. Computación Cuántica y Algoritmos (QCA)

Esta área introduce los principios fundamentales de la computación cuántica y los algoritmos cuánticos, tendiendo un puente entre la mecánica cuántica y las matemáticas computacionales. Cubre bits cuánticos, compuertas cuánticas, circuitos cuánticos y el desarrollo de algoritmos cuánticos que ofrecen posibles aceleraciones sobre enfoques clásicos. El enfoque está en comprender los fundamentos matemáticos de la computación cuántica e implementar algoritmos cuánticos usando herramientas de simulación clásica.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.11.1 Fundamentos de Mecánica Cuántica para Computación (Pág. 76)			No
3.11.2 Qubits y Circuitos Cuánticos (Pág. 76)			No
3.11.3 Algoritmos Cuánticos (Pág. 76)			No
3.11.4 Criptografía Post-Cuántica y Simulación Cuántica (Pág. 77)			No

3.11.1. QCA/Fundamentos de Mecánica Cuántica para Computación

Temas:

Core Tier1

- Estados cuánticos y vectores de estado
- Superposición y entrelazamiento
- Medición cuántica y observables
- Espacios de Hilbert y notación de Dirac
- Evolución unitaria y dinámica cuántica

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Describir estados cuánticos usando notación de Dirac [Familiarizarse]
2. Explicar fenómenos de superposición y entrelazamiento [Familiarizarse]
3. Aplicar principios de medición cuántica [Usar]
4. Analizar transformaciones unitarias en sistemas cuánticos [Evaluar]

3.11.2. QCA/Qubits y Circuitos Cuánticos

Temas:

Core Tier1

- Representación de qubits y esfera de Bloch
- Compuertas y circuitos cuánticos
- Conjuntos universales de compuertas cuánticas
- Ruido cuántico y modelos de error
- Simulación de circuitos cuánticos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Representar qubits usando formalismo matemático [Usar]
2. Diseñar circuitos cuánticos usando compuertas estándar [Usar]
3. Implementar conjuntos universales de compuertas cuánticas [Usar]
4. Simular circuitos cuánticos en computadoras clásicas [Usar]

3.11.3. QCA/Algoritmos Cuánticos

Temas:

Core Tier1

- Algoritmo de Deutsch-Jozsa
- Algoritmo de búsqueda de Grover
- Algoritmo de factorización de Shor
- Transformada Cuántica de Fourier
- Algoritmos de caminata cuántica

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar el algoritmo de Deutsch-Jozsa [Usar]
2. Aplicar el algoritmo de Grover para problemas de búsqueda [Usar]
3. Analizar el algoritmo de factorización de Shor [Evaluar]
4. Usar la Transformada Cuántica de Fourier en algoritmos [Usar]

3.11.4. QCA/Criptografía Post-Cuántica y Simulación Cuántica

Temas:

Core Tier1

- Amenaza cuántica a la criptografía clásica
- Criptografía basada en retículos
- Criptografía basada en códigos
- Simulación cuántica de sistemas físicos
- Corrección de errores cuánticos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Analizar amenazas cuánticas a sistemas criptográficos [Evaluar]
2. Implementar esquemas criptográficos basados en retículos [Usar]
3. Simular sistemas cuánticos usando computadoras clásicas [Usar]
4. Aplicar códigos de corrección de errores cuánticos [Usar]

3.12. Ciberseguridad y Privacidad (CSP)

Esta área cubre los fundamentos matemáticos de las tecnologías modernas de ciberseguridad y preservación de la privacidad. Incluye protocolos criptográficos, análisis de seguridad, tecnologías de mejora de la privacidad y aplicaciones de teoría de la información. El enfoque está en desarrollar la comprensión matemática necesaria para diseñar, analizar e implementar sistemas seguros y algoritmos de preservación de la privacidad en el contexto de las matemáticas computacionales.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.12.1 Criptografía Simétrica (Pág. 77)			No
3.12.2 Criptografía Asimétrica (Pág. 78)			No
3.12.3 Computación con Preservación de la Privacidad (Pág. 78)			No
3.12.4 Teoría de la Información y Compresión de Datos (Pág. 78)			No

3.12.1. CSP/Criptografía Simétrica

Temas:

Core Tier1

- Cifrados de bloque y modos de operación
- Cifrados de flujo
- Funciones hash criptográficas
- Códigos de autenticación de mensajes
- Técnicas de criptoanálisis

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de cifrado de bloque [Usar]
2. Aplicar modos de operación para cifrado [Usar]
3. Usar funciones hash criptográficas [Usar]
4. Analizar ataques de criptoanálisis [Evaluar]

3.12.2. CSP/Criptografía Asimétrica

Temas:

Core Tier1

- Principios de criptografía de clave pública
- Criptosistema RSA
- Criptografía de curva elíptica
- Intercambio de clave Diffie-Hellman
- Firmas digitales

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar cifrado y descifrado RSA [Usar]
2. Aplicar criptografía de curva elíptica [Usar]
3. Usar Diffie-Hellman para intercambio seguro de claves [Usar]
4. Implementar esquemas de firma digital [Usar]

3.12.3. CSP/Computación con Preservación de la Privacidad

Temas:

Core Tier1

- Privacidad diferencial
- Cifrado homomórfico
- Computación multipartita segura
- Privacidad en aprendizaje federado
- Métricas y análisis de privacidad

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Aplicar mecanismos de privacidad diferencial [Usar]
2. Usar cifrado homomórfico para computación privada [Usar]
3. Implementar protocolos de computación multipartita segura [Usar]
4. Analizar garantías de privacidad de algoritmos [Evaluar]

3.12.4. CSP/Teoría de la Información y Compresión de Datos

Temas:

Core Tier1

- Entropía y medidas de información
- Teorema de codificación de fuente
- Capacidad de canal y canales ruidosos
- Algoritmos de compresión
- Seguridad criptográfica y teoría de la información

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Calcular entropía e información mutua [Usar]
2. Aplicar codificación de fuente a compresión de datos [Usar]
3. Analizar capacidad de canal para comunicación [Evaluar]
4. Implementar algoritmos de compresión [Usar]

3.13. Matemáticas Computacionales para Dominios Específicos (CDM)

Esta área aplica métodos de matemáticas computacionales a dominios de aplicación específicos, demostrando cómo el modelado matemático, la simulación y las técnicas de análisis de datos se utilizan para resolver problemas del mundo real en varios campos científicos y de ingeniería. Cubre biología computacional, finanzas cuantitativas, física computacional, ciencia de materiales y modelado climático, proporcionando a los estudiantes conocimiento específico del dominio y habilidades interdisciplinarias de resolución de problemas.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.13.1 Bioinformática y Biología Computacional (Pág. 79)			No
3.13.2 Finanzas Computacionales y Ciencia del Riesgo (Pág. 79)			No
3.13.3 Física Computacional y Química Cuántica (Pág. 80)			No
3.13.4 Ciencia de Materiales Computacional (Pág. 80)			No
3.13.5 Modelado Climático y Sistemas Complejos (Pág. 80)			No

3.13.1. CDM/Bioinformática y Biología Computacional

Temas:

Core Tier1

- Alineamiento y análisis de secuencias
- Análisis de datos genómicos
- Predicción de estructura de proteínas
- Biología de sistemas y análisis de redes
- Construcción de árboles filogenéticos

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Implementar algoritmos de alineamiento de secuencias [Usar]
2. Analizar conjuntos de datos genómicos usando métodos estadísticos [Usar]
3. Modelar estructuras de proteínas usando métodos computacionales [Usar]
4. Aplicar enfoques de biología de sistemas [Usar]

3.13.2. CDM/Finanzas Computacionales y Ciencia del Riesgo

Temas:

Core Tier1

- Modelos de valoración de opciones
- Optimización de portafolios
- Gestión de riesgos y valor en riesgo
- Cálculo estocástico en finanzas
- Estrategias de trading algorítmico

Objetivos de Aprendizaje (Learning Outcomes):

Core-Tier1:

1. Valorar opciones usando métodos numéricos [Usar]
2. Optimizar portafolios de inversión [Usar]
3. Calcular medidas de riesgo y valor en riesgo [Usar]
4. Aplicar cálculo estocástico al modelado financiero [Usar]

3.13.3. CDM/Física Computacional y Química Cuántica

Temas:

Core Tier1

- Simulación de dinámica molecular
- Cálculos de química cuántica
- Métodos Monte Carlo en física
- Simulación de mecánica de medios continuos
- Cálculo de campos electromagnéticos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Simular dinámica molecular [Usar]
2. Implementar algoritmos de química cuántica [Usar]
3. Aplicar métodos Monte Carlo a sistemas físicos [Usar]
4. Modelar problemas de mecánica de medios continuos [Usar]

3.13.4. CDM/Ciencia de Materiales Computacional

Temas:

Core Tier1

- Predicción de estructura cristalina
- Modelado de campo de fase
- Cálculos de Teoría del Funcional de la Densidad (DFT)
- Modelado multiescala de materiales
- Informática de materiales y aprendizaje automático

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Predecir estructuras cristalinas usando métodos computacionales [Usar]
2. Aplicar modelos de campo de fase para evolución de materiales [Usar]
3. Implementar cálculos DFT para estructura electrónica [Usar]
4. Usar enfoques de modelado multiescala [Usar]

3.13.5. CDM/Modelado Climático y Sistemas Complejos

Temas:

Core Tier1

- Modelado del sistema climático
- Dinámica de fluidos y modelos atmosféricos
- Sistemas complejos y teoría de redes
- Modelado de ecosistemas
- Cuantificación de incertidumbre en modelos climáticos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Modelar sistemas climáticos usando ecuaciones diferenciales [Usar]
2. Simular dinámica de fluidos para modelado atmosférico [Usar]
3. Analizar sistemas complejos usando teoría de redes [Evaluar]
4. Cuantificar incertidumbre en modelos ambientales [Usar]

3.14. Gobernanza y Gestión de Datos (DGM)

Esta área cubre los aspectos éticos, gerenciales y organizacionales de la ciencia de datos y las matemáticas computacionales. Aborda el desarrollo y despliegue responsable de sistemas de IA, metodologías de gestión de proyectos para proyectos intensivos en datos, marcos de gobernanza de datos y cumplimiento regulatorio. El enfoque está en desarrollar las habilidades profesionales necesarias para liderar proyectos de matemáticas computacionales de manera responsable y efectiva en contextos del mundo real.

KA! (KA!)	Core Tier1	Core Tier2	Electivo
3.14.1 Ética en IA y Algoritmos Responsables (Pág. 81)			No
3.14.2 Gestión de Proyectos de Datos y MLOps (Pág. 81)			No
3.14.3 Gobernanza de Datos y Cumplimiento Normativo (Pág. 82)			No

3.14.1. DGM/Ética en IA y Algoritmos Responsables

Temas:

Core Tier1

- Equidad algorítmica y mitigación de sesgos
- Transparencia e IA explicable (XAI)
- Responsabilidad y rendición de cuentas en sistemas de IA
- Marcos éticos para el desarrollo de IA
- Principios FAT/ML (Equidad, Responsabilidad, Transparencia)

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Detectar y mitigar sesgos algorítmicos [Usar]
2. Implementar técnicas de IA explicable [Usar]
3. Aplicar marcos éticos a proyectos de IA [Evaluar]
4. Evaluar sistemas usando principios FAT/ML [Evaluar]

3.14.2. DGM/Gestión de Proyectos de Datos y MLOps

Temas:

Core Tier1

- MLOps y gestión del ciclo de vida de modelos
- Metodologías de gestión de proyectos de datos
- Control de versiones para modelos y datos
- Despliegue y monitoreo de modelos
- Infraestructura para ciencia de datos

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar prácticas MLOps [Usar]
2. Gestionar proyectos de ciencia de datos efectivamente [Usar]
3. Desplegar y monitorear modelos de aprendizaje automático [Usar]
4. Configurar infraestructura para ciencia de datos [Usar]

3.14.3. DGM/Gobernanza de Datos y Cumplimiento Normativo

Temas:

Core Tier1

- Marcos de gobernanza de datos
- GDPR y regulaciones de protección de datos
- Gestión de calidad de datos
- Ética de datos y administración
- Monitoreo y auditoría de cumplimiento

Objetivos de Aprendizaje (*Learning Outcomes*):

Core-Tier1:

1. Implementar marcos de gobernanza de datos [Usar]
2. Aplicar GDPR y regulaciones de privacidad [Usar]
3. Gestionar calidad de datos a lo largo del ciclo de vida [Usar]
4. Garantizar cumplimiento normativo en proyectos de datos [Usar]

Capítulo 4

Plan de estudios

4.1. 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 4.1.

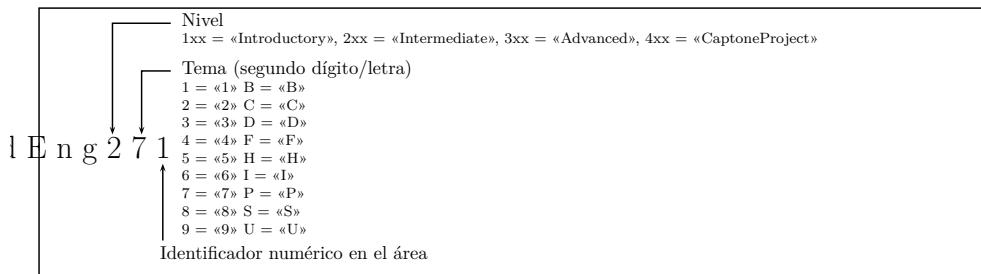


Figura 4.1: Esquema de codificación para los cursos.

El tipo de curso está determinado por las letras iniciales. Los posibles códigos para estos tipos son:

1. **MA** Matemáticas (MA);
2. **FI** Área de Física;

Al mismo tiempo, los cursos están clasificados en:

- Estudios generales
- Específicos
- Especialización

4.2. Estructura Curricular

La relación de cursos se muestra a continuación:

Primer Semestre

Código	Curso	Área	HT	HP	CR	TIPO	Requisitos
MA111	Cálculo I (Pág 91)	Estudios generales	4	2	5	O	
MA121	Algebra Lineal (Pág 94)	Estudios generales	4	2	5	O	
FI101	Física I (Pág 96)	Estudios generales	4	2	5	O	
						15	

Segundo Semestre

Código	Curso	Área	HT	HP	CR	TIPO	Requisitos
MA112	Cálculo II (Pág 99)	Estudios generales	4	2	5	O	MA111 (1 ^{er} Sem)
FI102	Física II (Pág 101)	Estudios generales	4	2	5	O	FI101 (1 ^{er} Sem)
						10	

Tercer Semestre

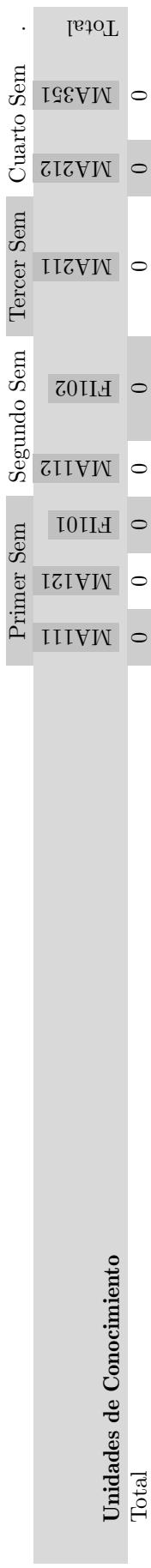
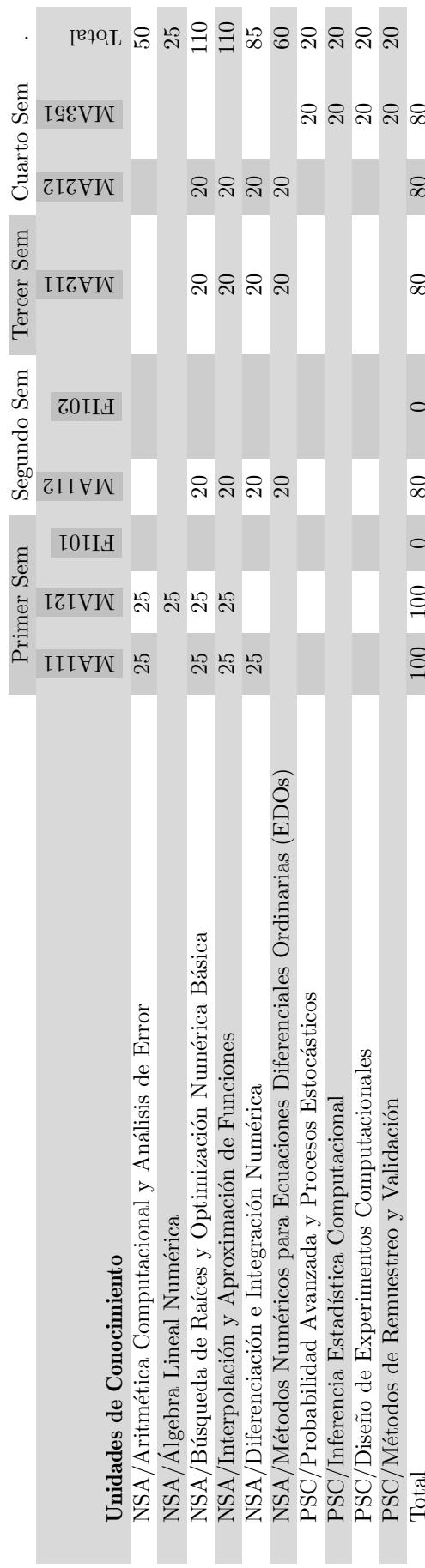
Código	Curso	Área	HT	HP	CR	TIPO	Requisitos
MA211	Cálculo III (Pág 102)	Estudios generales	4	2	5	O	MA112 (2 ^{do} Sem)
						5	

Cuarto Semestre

Código	Curso	Área	HT	HP	CR	TIPO	Requisitos
MA212	Ecuaciones Diferenciales (Pág 104)	Estudios generales	4	2	5	O	MA211 (3 ^{er} Sem)
MA351	Estatística y Probabilidades (Pág 106)	Estudios generales	4	2	5	O	MA211 (3 ^{er} Sem)
						10	

Total de créditos de la carrera: 40 .

4.3. Tópicos distribuidos por curso

Cuadro 4.1: Tópicos por curso del 1^{er} al 4^{to} SemestreCuadro 4.2: Tópicos por curso del 1^{er} al 4^{to} Semestre

4.4. Resultados esperados distribuidos por curso

Las siguientes tablas nos muestran 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	Tercer Sem	Cuarto Sem			
		MA111	FI101	MA112	FI102	MA211	MA212	MA351

Cuadro 4.3. Resultados esperados por curso 1^{er} al 4^{to} Semestre

- 1) Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería.
- 2) Aplicar diseño en ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas.
- 3) Comunicarse efectivamente con diversas audiencias.
- 4) Reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.
- 5) Funcionar efectivamente en equipos y ejercer liderazgo.
- 6) Desarrollar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones.
- 7) Adquirir y aplicar nuevos conocimientos usando estrategias de aprendizaje.

4.5. Resultados esperados distribuidos por curso

Las siguientes tablas nos muestran 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	Tercer Sem	Cuarto Sem				
		MA111	MA121	FI101	MA112	FI102	MA211	MA212	MA351

Cuadro 4.4. Resultados esperados por curso 1^{er} al 4^{to} Semestre

4.6. 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).

Primer Sem	0
Segundo Sem	0
Tercer Sem	0
Cuarto Sem	0
Total	40

Cuadro 4.5: Distribución de cursos por áreas

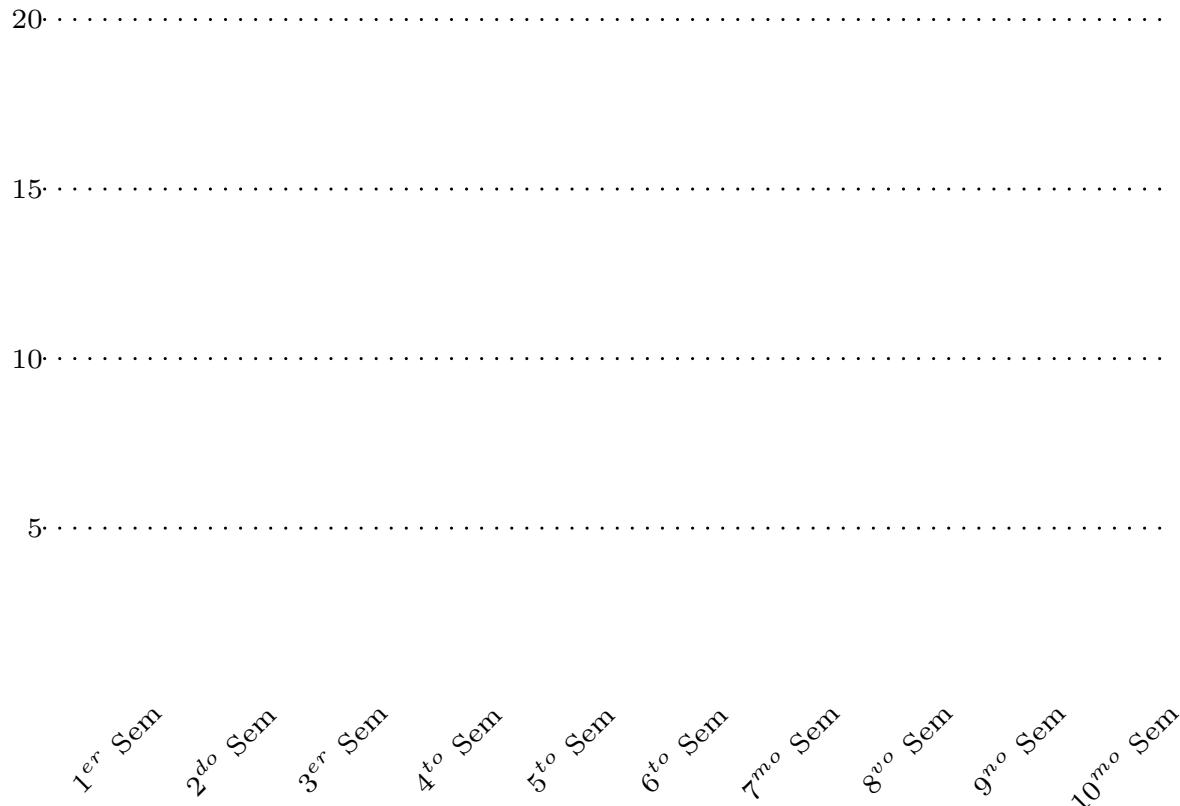
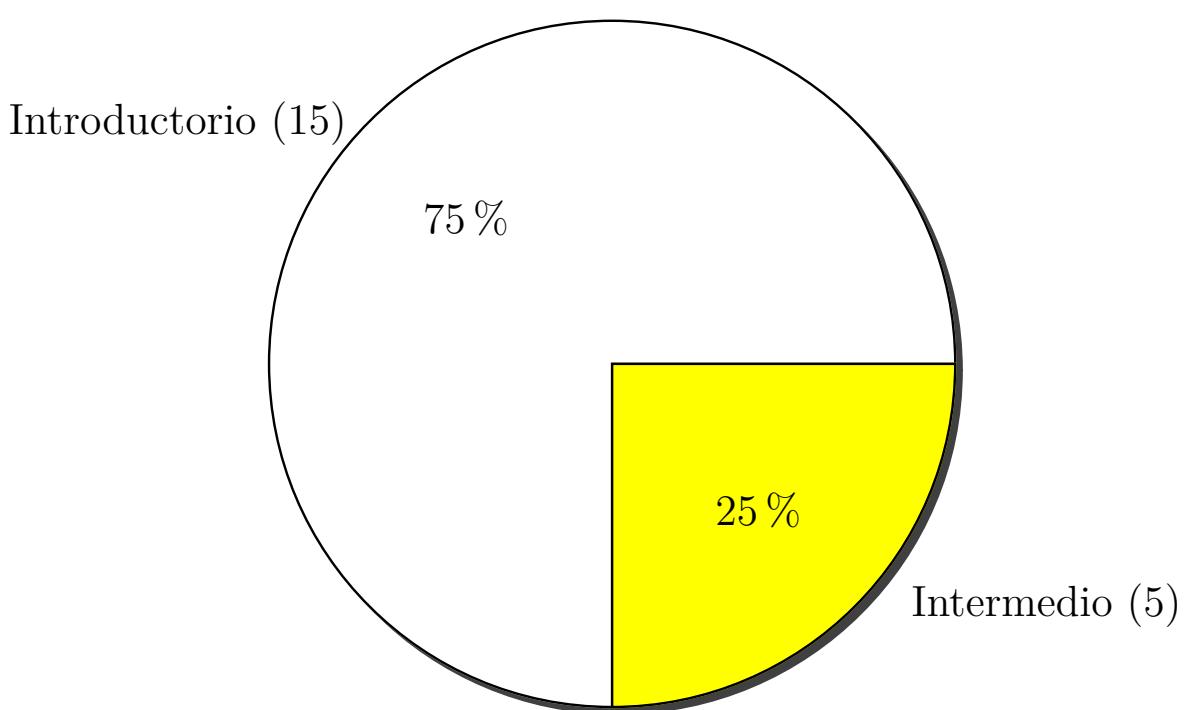
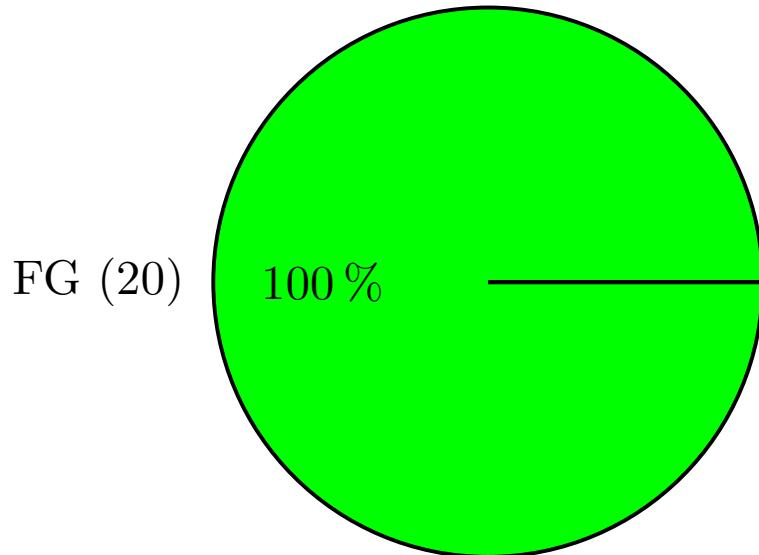


Figura 4.2: Créditos por área por semestre



4.7. 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 aparecer 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 Industrial. En estos casos el creditaje ha sido dividido entre los ejes correspondientes.

1. Hardware y Arquitectura
 - Ninguno
2. Ciencia de la Computación
 - Ninguno
3. Sistemas de Información
 - Ninguno
4. Tecnología de Información
 - Ninguno
5. Ingeniería de Software
 - Ninguno
6. Matemática para Computación
 - Ninguno
7. Ciencias Básicas (80 Créditos)
 - MA111. Cálculo I (1^{er} Sem-Pág 91)
 - MA121. Algebra Lineal (1^{er} Sem-Pág 94)
 - FI101. Física I (1^{er} Sem-Pág 96)
 - MA112. Cálculo II (2^{do} Sem-Pág 99)
 - FI102. Física II (2^{do} Sem-Pág 101)
 - MA211. Cálculo III (3^{er} Sem-Pág 102)
 - MA212. Ecuaciones Diferenciales (4^{to} Sem-Pág 104)
 - MA351. Estadística y Probabilidades (4^{to} Sem-Pág 106)
8. Contenido Empresarial
 - Ninguno
9. Formación General
 - Ninguno

Considerando esta distribución, las próximas figuras nos brindan una visión gráfica en comparación con los estandares internacionales presentados en presentadas por IEEE-CS/ACM en la *Computing Curricula* [ACM/IEEE-CS, 2020].

Referencias Bibliográficas

[ACM/IEEE-CS, 2020] ACM/IEEE-CS (2020). Computing curricula 2020. Technical report, ACM Press and IEEE Computer Society Press.

Capítulo 5

Contenido detallado por curso

5.1. MA111. Cálculo I (Obligatorio)

5.1.1. Información general

- Semestre: 1^{er} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos: Ninguno

5.1.2. Justificación

Este curso introduce los conceptos fundamentales del cálculo diferencial e integral de funciones de una variable real. Proporciona las bases matemáticas necesarias para el análisis de problemas en ciencias e ingeniería, desarrollando habilidades de razonamiento lógico y resolución de problemas mediante límites, derivadas e integrales. El curso enfatiza tanto el entendimiento conceptual como la aplicación práctica de estos conceptos.

5.1.3. Objetivos

- Comprender los conceptos fundamentales de límites, continuidad y derivadas
- Aplicar las técnicas de derivación a problemas de optimización y razones de cambio
- Desarrollar habilidades en la integración de funciones y aplicación de integrales definidas
- Resolver problemas prácticos utilizando los conceptos del cálculo diferencial e integral

5.1.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

) ()

) ()

) ()

5.1.5. Contenido

5.1.5.1. Aritmética Computacional y Análisis de Error (25 horas)

Resultados de la carrera *Outcomes*: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Aritmética de punto flotante y el estándar IEEE **II:** Fuentes de error: truncamiento, redondeo y discretización **III:** Propagación de error y número de condición **IV:** Estabilidad de algoritmos numéricos **V:** Error absoluto, relativo y directo/inverso

Objetivos de Aprendizaje I: Definir los diferentes tipos de errores en computación numérica (redondeo, truncamiento, discretización) [Familiarizarse] **II:** Explicar los principios de representación y aritmética de punto flotante según el estándar IEEE [Familiarizarse] **III:** Calcular el error absoluto y relativo de una aproximación [Usar] **IV:** Analizar la propagación de errores en una secuencia de operaciones aritméticas [Usar] **V:** Distinguir entre la condición de un problema y la estabilidad de un algoritmo [Evaluar] **VI:** Calcular el número de condición de un problema simple (ej., multiplicación matriz-vector) [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Larson and Edwards, 2018]

5.1.5.2. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de bisección e iteración de punto fijo **II:** Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces **III:** Análisis de convergencia y orden de convergencia **IV:** Descenso de gradiente para optimización univariada **V:** Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, secante) y analizar su convergencia [Usar] **II:** Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar] **III:** Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar] **IV:** Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.1.5.3. Diferenciación e Integración Numérica (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Aproximaciones por diferencias finitas (adelantadas, atrasadas, centradas) **II:** Extrapolación de Richardson **III:** Fórmulas de Newton-Cotes (regla del trapecio, regla de Simpson) **IV:** Cuadratura gaussiana **V:** Análisis de error para integración numérica

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular derivadas de funciones usando esquemas de diferencias finitas [Usar] **II:** Aplicar extrapolación de Richardson para mejorar la precisión de aproximaciones numéricas [Usar] **III:** Implementar reglas de integración numérica (Trapezio, Simpson, Gaussiana) [Usar] **IV:** Comparar la precisión y eficiencia de diferentes métodos de integración numérica [Evaluar] **V:** Analizar el error para fórmulas de diferenciación e integración numérica [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.1.5.4. Interpolación y Aproximación de Funciones (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton) **II:** Interpolación por splines (splines cúbicos) **III:** Aproximación por mínimos cuadrados **IV:** Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev **V:** Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje I: Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar] **II:** Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar] **III:** Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar] **IV:** Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse] **V:** Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.1.5.5. 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.

5.2. MA121. Algebra Linear (Obligatorio)

5.2.1. Información general

- **Semestre:** 1^{er} Sem. **Créditos:** 5
- **Horas del curso:** Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- **Prerrequisitos:** Ninguno

5.2.2. Justificación

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 habilidades de pensamiento abstracto y resolución de problemas mediante matrices, determinantes y vectores. El curso es fundamental para aplicaciones en ciencias, ingeniería y computación.

5.2.3. Objetivos

- Comprender los conceptos de espacios vectoriales y subespacios
- Dominar las operaciones con matrices y determinantes
- Resolver sistemas de ecuaciones lineales usando diferentes métodos
- Aplicar transformaciones lineales y calcular valores y vectores propios

5.2.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

-) ()
-) ()
-) ()

5.2.5. Contenido

5.2.5.1. Álgebra Lineal Numérica (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Descomposición LU y sus aplicaciones **II:** Descomposición QR y problemas de mínimos cuadrados **III:** Descomposición en Valores Singulares (SVD) y sus aplicaciones **IV:** Número de condición y estabilidad numérica de sistemas lineales **V:** Métodos iterativos para sistemas lineales (Jacobi, Gauss-Seidel, Gradiente Conjugado)

Objetivos de Aprendizaje **I:** Implementar algoritmos de descomposición LU y QR para resolver sistemas lineales [Usar] **II:** Explicar el significado geométrico y algebraico de la Descomposición en Valores Singulares [Familiarizarse] **III:** Usar SVD para aplicaciones como aproximación matricial y análisis de componentes principales [Usar] **IV:** Analizar la estabilidad de un sistema lineal usando su número de condición [Evaluar] **V:** Seleccionar e implementar un método iterativo apropiado para resolver sistemas lineales grandes y dispersos [Evaluar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016]

5.2.5.2. Aritmética Computacional y Análisis de Error (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Aritmética de punto flotante y el estándar IEEE **II:** Fuentes de error: truncamiento, redondeo y discretización **III:** Propagación de error y número de condición **IV:** Estabilidad de algoritmos numéricos **V:** Error absoluto, relativo y directo/inverso

Objetivos de Aprendizaje I: Definir los diferentes tipos de errores en computación numérica (redondeo, truncamiento, discretización) [Familiarizarse] **II:** Explicar los principios de representación y aritmética de punto flotante según el estándar IEEE [Familiarizarse] **III:** Calcular el error absoluto y relativo de una aproximación [Usar] **IV:** Analizar la propagación de errores en una secuencia de operaciones aritméticas [Usar] **V:** Distinguir entre la condición de un problema y la estabilidad de un algoritmo [Evaluar] **VI:** Calcular el número de condición de un problema simple (ej., multiplicación matriz-vector) [Usar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016]

5.2.5.3. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Método de bisección e iteración de punto fijo **II:** Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces **III:** Análisis de convergencia y orden de convergencia **IV:** Descenso de gradiente para optimización univariada **V:** Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, secante) y analizar su convergencia [Usar] **II:** Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar] **III:** Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar] **IV:** Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Strang, 2016]

5.2.5.4. Interpolación y Aproximación de Funciones (25 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton) **II:** Interpolación por splines (splines cúbicos) **III:** Aproximación por mínimos cuadrados **IV:** Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev **V:** Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje I: Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar] **II:** Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar] **III:** Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar] **IV:** Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse] **V:** Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Lay et al., 2016, Anton and Rorres, 2014]

5.2.5.5. 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.

5.3. FI101. Física I (Obligatorio)

5.3.1. Información general

- Semestre: 1^{er} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos: Ninguno

5.3.2. Justificación

La física es fundamental para comprender el mundo físico que las computadoras modelan, simulan e interactúan. Este curso establece las bases de la mecánica clásica, proporcionando el marco conceptual para entender movimiento, fuerzas, energía y momentum. Estos principios son directamente aplicables en áreas de la ciencia de la computación como desarrollo de videojuegos, simulaciones físicas realistas, robótica, animación por computadora y sistemas de control.

5.3.3. Objetivos

- Comprender y aplicar las leyes fundamentales de la mecánica clásica en una y dos dimensiones.
- Desarrollar la capacidad de modelar problemas físicos de manera matemática y resolverlos analíticamente.
- Relacionar los conceptos físicos con sus aplicaciones en el ámbito de la computación.

5.3.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

) ()
() ()
() ()
() ()
() ()

5.3.5. Contenido

5.3.5.1. Cinemática en una y dos Dimensiones (10 horas)

Resultados de la carrera *Outcomes*: ABET1,SEOUL2024-AG-C07,SEOUL2024-AG-C08

Tópicos: **I:** Movimiento rectilíneo: posición, desplazamiento, velocidad y aceleración. **II:** Movimiento con aceleración constante (caída libre). **III:** Movimiento en dos dimensiones: movimiento de proyectiles. **IV:** Movimiento circular uniforme y no uniforme. **V:** Cantidades vectoriales en cinemática.

Objetivos de Aprendizaje I: Diferenciar entre posición, desplazamiento, velocidad y aceleración de manera conceptual y matemática. [Familiarizarse] **II:** Resolver problemas de movimiento en una y dos dimensiones, incluyendo proyectiles y movimiento circular. [Usar] **III:** Modelar cinemáticamente situaciones físicas simples. [Evaluar]

Bibliografía: [? line:52 , ? line:52]

5.3.5.2. Dinámica: Leyes de Newton y Aplicaciones (12 horas)

Resultados de la carrera *Outcomes*: ABET1,SEOUL2024-AG-C07

Tópicos: **I:** Concepto de fuerza, masa y inercia. **II:** Las tres Leyes de Newton del movimiento. **III:** Diagramas de cuerpo libre. **IV:** Aplicaciones de las Leyes de Newton: planos inclinados, poleas, sistemas conectados. **V:** Fuerzas de fricción estática y cinética. **VI:** Fuerzas de resistencia y velocidad terminal.

Objetivos de Aprendizaje I: Enunciar las Leyes de Newton y explicar su significado físico. [Familiarizarse] **II:** Construir diagramas de cuerpo libre y aplicar las Leyes de Newton para resolver problemas de dinámica. [Usar] **III:** Analizar sistemas con múltiples cuerpos y fuerzas de fricción. [Evaluar]

Bibliografía: [? line:72 , ? line:72]

5.3.5.3. Trabajo y Energía (10 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ABET1,SEOUL2024-AG-C07

Tópicos: **I:** Trabajo realizado por una fuerza constante y variable. **II:** Energía cinética y el Teorema del Trabajo-Energía. **III:** Potencia. **IV:** Fuerzas conservativas y no conservativas. **V:** Energía potencial gravitacional y elástica. **VI:** Conservación de la energía mecánica.

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular el trabajo realizado por diferentes fuerzas. [Familiarizarse] **II:** Aplicar el teorema del trabajo-energía para resolver problemas de dinámica. [Usar] **III:** Aplicar el principio de conservación de la energía mecánica en sistemas conservativos. [Evaluar]

Bibliografía: [? line:92 , ? line:92]

5.3.5.4. Sistemas de Partículas y Conservación del Momento Lineal (8 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ABET1,SEOUL2024-AG-C07

Tópicos: **I:** Centro de masa y su movimiento. **II:** Momento lineal (cantidad de movimiento) e impulso. **III:** Conservación del momento lineal. **IV:** Colisiones en una y dos dimensiones: elásticas e inelásticas.

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular la posición y velocidad del centro de masa de un sistema de partículas. [Familiarizarse] **II:** Aplicar el principio de conservación del momento lineal para analizar colisiones y explosiones. [Usar] **III:** Diferenciar entre colisiones elásticas e inelásticas y aplicar las leyes de conservación apropiadas. [Evaluar]

Bibliografía: [? line:110 , ? line:110]

5.3.5.5. Dinámica Rotacional (10 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ABET1,SEOUL2024-AG-C07

Tópicos: **I:** Cinemática rotacional: variables angulares. **II:** Torque y equilibrio estático. **III:** Momento de inercia y la segunda ley de Newton para la rotación. **IV:** Energía cinética rotacional. **V:** Rodadura sin deslizamiento. **VI:** Momento angular y su conservación (conceptos introductorios).

Objetivos de Aprendizaje I: Relacionar variables lineales y angulares. [Familiarizarse] **II:** Calcular torques y momentos de inercia para configuraciones simples. [Usar] **III:** Aplicar las leyes de la dinámica rotacional para resolver problemas que involucren rotación y rodadura. [Evaluar]

Bibliografía: [? line:130 , ? line:130]

5.3.5.6. Aplicaciones en Computación (6 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ABET1,SEOUL2024-AG-C07,SEOUL2024-AG-C12

Tópicos: **I:** Simulaciones físicas: integración numérica (método de Euler) para movimiento. **II:** Motores de física en videojuegos: colisiones, gravedad y movimiento de proyectiles. **III:** Robótica: cinemática de brazos robóticos simples. **IV:** Animación por computadora: trayectorias y movimientos realistas.

Objetivos de Aprendizaje I: Describir cómo los principios de la cinemática y dinámica se implementan en simulaciones por computadora. [Familiarizarse] **II:** Explicar el concepto básico de un motor de física en el desarrollo de videojuegos. [Usar] **III:** Modelar un problema físico simple (ej. lanzamiento de proyectil) de manera algorítmica. [Evaluar]

Bibliografía: [Bourg, 2002, Nisan and Schocken, 2005]

5.3.5.7. Bibliografía

[Bourg, 2002] Bourg, D. M. (2002). *Physics for Game Developers*. O'Reilly Media. Excelente para ver aplicaciones directas de la física mecánica en la programación de videojuegos.

[Nisan and Schocken, 2005] Nisan, N. and Schocken, S. (2005). *The Elements of Computing Systems: Building a Modern Computer from First Principles*. MIT Press. Ayuda a entender el viaje desde la física hasta la lógica de alto nivel.

5.4. MA112. Cálculo II (Obligatorio)

5.4.1. Información general

- Semestre: 2^{do} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos:
 - MA111. Cálculo I (1^{er} Sem-Pág 91)

5.4.2. Justificación

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. Desarrolla habilidades para modelar y resolver problemas en tres dimensiones, proporcionando las bases para áreas avanzadas como análisis matemático, física y ingeniería.

5.4.3. Objetivos

- Comprender las 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 y sus aplicaciones

5.4.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

) ()
() ()
() ()

5.4.5. Contenido

5.4.5.1. Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Aproximaciones por diferencias finitas (adelantadas, atrasadas, centradas) **II:** Extrapolación de Richardson **III:** Fórmulas de Newton-Cotes (regla del trapecio, regla de Simpson) **IV:** Cuadratura gaussiana **V:** Análisis de error para integración numérica

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular derivadas de funciones usando esquemas de diferencias finitas [Usar] **II:** Aplicar extrapolación de Richardson para mejorar la precisión de aproximaciones numéricas [Usar] **III:** Implementar reglas de integración numérica (Trapecio, Simpson, Gaussiana) [Usar] **IV:** Comparar la precisión y eficiencia de diferentes métodos de integración numérica [Evaluar] **V:** Analizar el error para fórmulas de diferenciación e integración numérica [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.4.5.2. Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de Euler y sus variantes (explícito, implícito) **II:** Métodos de Runge-Kutta **III:** Métodos multipaso (Adams-Bashforth, Adams-Moulton) **IV:** Análisis de estabilidad y convergencia para solucionadores de EDOs **V:** Sistemas de EDOs y EDOs de orden superior

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar solucionadores básicos de EDOs (Euler, Runge-Kutta) [Usar]

II: Analizar las propiedades de estabilidad y convergencia de métodos numéricos para EDOs [Evaluar] **III:** Seleccionar un método numérico apropiado para una EDO dada basado en requisitos de estabilidad y precisión [Evaluar] **IV:** Resolver sistemas de EDOs y convertir EDOs de orden superior a sistemas de primer orden [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.4.5.3. Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton) **II:** Interpolación por splines (splines cúbicos) **III:** Aproximación por mínimos cuadrados **IV:** Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev **V:** Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje I: Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar] **II:** Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar] **III:** Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar] **IV:** Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse] **V:** Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.4.5.4. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de bisección e iteración de punto fijo **II:** Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces **III:** Análisis de convergencia y orden de convergencia **IV:** Descenso de gradiente para optimización univariada **V:** Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, secante) y analizar su convergencia [Usar] **II:** Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar] **III:** Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar] **IV:** Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

Bibliografía: [Stewart, 2016, Thomas et al., 2014]

5.4.5.5. Bibliografía

[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.

5.5. FI102. Física II (Obligatorio)

5.5.1. Información general

- Semestre: 2^{do} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos:
 - FI101. Física I (1^{er} Sem-Pág 96)

5.5.2. Justificación

Los fenómenos eléctricos, magnéticos y ondulatorios son la base del funcionamiento del hardware de las computadoras, las redes de comunicación y muchos sensores utilizados en robótica e inteligencia artificial. Este curso proporciona una comprensión sólida de estos principios, permitiendo a los futuros ingenieros en computación comprender y optimizar los sistemas con los que trabajarán.

5.5.3. Objetivos

- Comprender las leyes fundamentales del electromagnetismo y la teoría de ondas.
- Aplicar estas leyes para resolver problemas de campos eléctricos, circuitos y fenómenos ondulatorios.
- Relacionar los conceptos físicos con sus aplicaciones en el hardware computacional y las telecomunicaciones.

5.5.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

) ()

5.5.5. Contenido

5.5.5.1. Electrostática (10 horas)

Resultados de la carrera *Outcomes*: ABET1

Tópicos: **I:** Carga eléctrica y ley de Coulomb. **II:** Campo eléctrico y líneas de campo. **III:** Ley de Gauss y sus aplicaciones. **IV:** Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico.

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular fuerzas y campos eléctricos para distribuciones de carga simples.
[Familiarizarse] **II:** Aplicar la ley de Gauss para calcular campos en situaciones de alta simetría.
[Usar] **III:** Calcular el potencial eléctrico y la energía potencial. [Evaluar]

Bibliografía: [Young and Freedman, 2018, Serway and Jewett, 2018]

5.5.5.2. Bibliografía

[Serway and Jewett, 2018] Serway, R. A. and Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Cengage Learning, 10th edition. Muy completo y riguroso, ideal para estudiantes que buscan un desafío mayor.

[Young and Freedman, 2018] Young, H. D. and Freedman, R. A. (2018). *University Physics with Modern Physics*. Pearson, 15th edition. Un clásico, muy claro y con una gran cantidad de ejemplos y problemas.

5.6. MA211. Cálculo III (Obligatorio)

5.6.1. Información general

- Semestre: 3^{er} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos:
 - MA112. Cálculo II (2^{do} Sem-Pág 99)

5.6.2. Justificación

Este curso avanza en el estudio del cálculo multivariable, integrando conceptos de cálculo vectorial, campos vectoriales, integrales de línea y de superficie, y teoremas fundamentales del cálculo vectorial. Desarrolla habilidades para analizar campos escalares y vectoriales en el espacio, proporcionando las bases para aplicaciones en física, ingeniería y ciencias computacionales.

5.6.3. Objetivos

- Comprender los conceptos de campos vectoriales y operadores diferenciales
- Aplicar integrales de línea y de superficie a problemas físicos
- Dominar los teoremas fundamentales del cálculo vectorial
- Resolver problemas de flujo, circulación y potenciales vectoriales

5.6.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

-) ()
-) ()
-) ()

5.6.5. Contenido

5.6.5.1. Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Aproximaciones por diferencias finitas (adelantadas, atrasadas, centradas) **II:** Extrapolación de Richardson **III:** Fórmulas de Newton-Cotes (regla del trapecio, regla de Simpson) **IV:** Cuadratura gaussiana **V:** Análisis de error para integración numérica

Objetivos de Aprendizaje **I:** Calcular derivadas de funciones usando esquemas de diferencias finitas [Usar] **II:** Aplicar extrapolación de Richardson para mejorar la precisión de aproximaciones numéricas [Usar] **III:** Implementar reglas de integración numérica (Trapecio, Simpson, Gaussiana) [Usar] **IV:** Comparar la precisión y eficiencia de diferentes métodos de integración numérica [Evaluar] **V:** Analizar el error para fórmulas de diferenciación e integración numérica [Evaluar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Stewart, 2016]

5.6.5.2. Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de Euler y sus variantes (explícito, implícito) **II:** Métodos de Runge-Kutta **III:** Métodos multipaso (Adams-Bashforth, Adams-Moulton) **IV:** Análisis de estabilidad y convergencia para solucionadores de EDOs **V:** Sistemas de EDOs y EDOs de orden superior

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar solucionadores básicos de EDOs (Euler, Runge-Kutta) [Usar]

II: Analizar las propiedades de estabilidad y convergencia de métodos numéricos para EDOs [Evaluar] **III:** Seleccionar un método numérico apropiado para una EDO dada basado en requisitos de estabilidad y precisión [Evaluar] **IV:** Resolver sistemas de EDOs y convertir EDOs de orden superior a sistemas de primer orden [Usar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Stewart, 2016]

5.6.5.3. Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton) **II:** Interpolación por splines (splines cúbicos) **III:** Aproximación por mínimos cuadrados **IV:** Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev **V:** Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje I: Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar]

II: Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar] **III:** Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar] **IV:** Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse] **V:** Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Stewart, 2016]

5.6.5.4. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de bisección e iteración de punto fijo **II:** Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces **III:** Análisis de convergencia y orden de convergencia **IV:** Descenso de gradiente para optimización univariada **V:** Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, secante) y analizar su convergencia [Usar] **II:** Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar] **III:** Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar] **IV:** Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

Bibliografía: [Marsden and Tromba, 2003, Stewart, 2016]

5.6.5.5. Bibliografía

[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.

5.7. MA212. Ecuaciones Diferenciales (Obligatorio)

5.7.1. Información general

- Semestre: 4^{to} Sem. Créditos: 5
- Horas del curso: Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- Prerrequisitos:
 - MA211. Cálculo III (3^{er} Sem-Pág 102)

5.7.2. Justificación

Este curso introduce los métodos fundamentales para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales. Desarrolla habilidades para modelar fenómenos dinámicos en física, ingeniería y ciencias mediante ecuaciones diferenciales, proporcionando las bases matemáticas para el análisis de sistemas continuos y la simulación de procesos naturales.

5.7.3. Objetivos

- Comprender los conceptos fundamentales de ecuaciones diferenciales
- Resolver ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden
- Aplicar métodos analíticos y numéricos a problemas de valor inicial y frontera
- Modelar fenómenos físicos y biológicos mediante ecuaciones diferenciales

5.7.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

-) ()
-) ()
-) ()

5.7.5. Contenido

5.7.5.1. Métodos Numéricos para Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDOs) (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Método de Euler y sus variantes (explícito, implícito) **II:** Métodos de Runge-Kutta
III: Métodos multipaso (Adams-Bashforth, Adams-Moulton) **IV:** Análisis de estabilidad y convergencia para solucionadores de EDOs **V:** Sistemas de EDOs y EDOs de orden superior

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar solucionadores básicos de EDOs (Euler, Runge-Kutta) [Usar]
II: Analizar las propiedades de estabilidad y convergencia de métodos numéricos para EDOs [Evaluar] **III:** Seleccionar un método numérico apropiado para una EDO dada basado en requisitos de estabilidad y precisión [Evaluar] **IV:** Resolver sistemas de EDOs y convertir EDOs de orden superior a sistemas de primer orden [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.7.5.2. Búsqueda de Raíces y Optimización Numérica Básica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Método de bisección e iteración de punto fijo **II:** Método de Newton y método de la secante para búsqueda de raíces **III:** Análisis de convergencia y orden de convergencia **IV:** Descenso de gradiente para optimización univariada **V:** Tasa de convergencia y criterios de parada

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar algoritmos de búsqueda de raíces (bisección, Newton, seante) y analizar su convergencia [Usar] **II:** Clasificar el orden de convergencia de métodos iterativos [Evaluar] **III:** Aplicar descenso de gradiente para resolver problemas simples de optimización univariada [Usar] **IV:** Diseñar criterios de parada apropiados para métodos iterativos [Usar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.7.5.3. Interpolación y Aproximación de Funciones (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Interpolación polinomial (formas de Lagrange, Newton) **II:** Interpolación por splines (splines cúbicos) **III:** Aproximación por mínimos cuadrados **IV:** Fenómeno de Runge y nodos de Chebyshev **V:** Análisis de error para interpolación

Objetivos de Aprendizaje I: Construir polinomios interpoladores usando diferentes métodos [Usar] **II:** Implementar interpolación por splines cúbicos [Usar] **III:** Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de datos [Usar] **IV:** Explicar el fenómeno de Runge y estrategias para mitigarlo [Familiarizarse] **V:** Analizar el error de un esquema de interpolación [Evaluar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.7.5.4. Diferenciación e Integración Numérica (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Aproximaciones por diferencias finitas (adelantadas, atrasadas, centradas) **II:** Extrapolación de Richardson **III:** Fórmulas de Newton-Cotes (regla del trapecio, regla de Simpson) **IV:** Cuadratura gaussiana **V:** Análisis de error para integración numérica

Objetivos de Aprendizaje I: Calcular derivadas de funciones usando esquemas de diferencias finitas [Usar] **II:** Aplicar extrapolación de Richardson para mejorar la precisión de aproximaciones numéricas [Usar] **III:** Implementar reglas de integración numérica (Trapecio, Simpson, Gaussiana) [Usar] **IV:** Comparar la precisión y eficiencia de diferentes métodos de integración numérica [Evaluar] **V:** Analizar el error para fórmulas de diferenciación e integración numérica [Evaluar]

Bibliografía: [Boyce et al., 2017, Zill, 2018]

5.7.5.5. 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.

5.8. MA351. Estadística y Probabilidades (Obligatorio)

5.8.1. Información general

- **Semestre:** 4^{to} Sem. **Créditos:** 5
- **Horas del curso:** Teoría: 4 horas; Práctica: 2 horas;
- **Prerrequisitos:**
 - MA211. Cálculo III (3^{er} Sem-Pág 102)

5.8.2. Justificación

Este curso introduce los fundamentos de la teoría de probabilidades y estadística, proporcionando las bases matemáticas para el análisis de datos y la inferencia estadística. Desarrolla habilidades para modelar fenómenos aleatorios, realizar pruebas de hipótesis y aplicar métodos estadísticos a problemas en ciencia, ingeniería y ciencias sociales.

5.8.3. Objetivos

- Comprender los conceptos fundamentales de probabilidad y variables aleatorias
- Aplicar distribuciones de probabilidad a problemas reales
- Realizar inferencia estadística y pruebas de hipótesis
- Analizar datos utilizando métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos

5.8.4. Contribución a los resultados (*Outcomes*)

) ()
() ()
() ()

5.8.5. Contenido

5.8.5.1. Probabilidad Avanzada y Procesos Estocásticos (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Fundamentos de probabilidad medida-teórica **II:** Variables aleatorias y distribuciones
III: Caracterización de procesos estocásticos **IV:** Cadenas y procesos de Markov **V:** Movimiento browniano y procesos de difusión

Objetivos de Aprendizaje I: Aplicar conceptos medida-teóricos a espacios de probabilidad [Familiarizarse] **II:** Caracterizar diferentes tipos de procesos estocásticos [Evaluar] **III:** Analizar cadenas de Markov para comportamiento transitorio y en estado estacionario [Usar] **IV:** Modelar sistemas usando procesos estocásticos en tiempo continuo [Usar]

Bibliografía: [Devore, 2016, Walpole et al., 2012]

5.8.5.2. Inferencia Estadística Computacional (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09, ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE) **II:** Métodos de inferencia bayesiana **III:** Métodos de Monte Carlo mediante Cadenas de Markov (MCMC) **IV:** Algoritmo Expectación-Maximización (EM) **V:** Remuestreo bootstrap y jackknife

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar Estimación de Máxima Verosimilitud para varias distribuciones [Usar] **II:** Aplicar métodos bayesianos para estimación de parámetros [Usar] **III:** Implementar algoritmos MCMC para muestreo posterior [Usar] **IV:** Usar el algoritmo EM para modelos con variables latentes [Usar] **V:** Aplicar métodos bootstrap para intervalos de confianza [Usar]

Bibliografía: [Devore, 2016, Walpole et al., 2012]

5.8.5.3. Métodos de Remuestreo y Validación (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci11

Tópicos: **I:** Estimación bootstrap e intervalos de confianza **II:** Técnicas de validación cruzada **III:** Pruebas de permutación y aleatorización **IV:** Selección de modelos y criterios de información **V:** Métodos de ensamblado y bagging

Objetivos de Aprendizaje I: Implementar bootstrap para estimación de error estándar [Usar] **II:** Aplicar validación cruzada para evaluación de modelos [Usar] **III:** Usar pruebas de permutación para contraste de hipótesis [Usar] **IV:** Comparar modelos usando criterios de información (AIC, BIC) [Evaluar] **V:** Implementar bagging para reducción de varianza [Usar]

Bibliografía: [Devore, 2016, Walpole et al., 2012]

5.8.5.4. Diseño de Experimentos Computacionales (20 horas)

Resultados de la carrera Outcomes: ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci09,ICACIT2025-SCIENCES-AG-Ci10

Tópicos: **I:** Diseños factoriales y factoriales fraccionados **II:** Metodología de superficie de respuesta **III:** Diseños de llenado de espacio (hipercubo latino) **IV:** Diseño óptimo de experimentos **V:** Experimentos computacionales y modelado sustituto

Objetivos de Aprendizaje I: Diseñar experimentos factoriales para screening de factores [Usar] **II:** Aplicar metodología de superficie de respuesta para optimización [Usar] **III:** Implementar diseños de llenado de espacio para experimentos computacionales [Usar] **IV:** Seleccionar diseños óptimos para objetivos específicos [Evaluar] **V:** Construir modelos sustitutos para simulaciones costosas [Usar]

Bibliografía: [Devore, 2016, Walpole et al., 2012]

5.8.5.5. Bibliografía

[Devore, 2016] Devore, J. L. (2016). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Cengage Learning, 9th edition.

[Walpole et al., 2012] Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., and Ye, K. E. (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Pearson, 9th edition.

Capítulo 6

Profesores & Cursos

6.1. Cursos asignados por profesor

6.2. Profesor asignado por curso

- Primer Semestre
 - MA111. Cálculo I
 - –
 - MA121. Algebra Linear
 - –
 - FI101. Física I
 - –
- Segundo Semestre
 - MA112. Cálculo II
 - –
 - FI102. Física II
 - –
- Tercer Semestre
 - MA211. Cálculo III
 - –
- Cuarto Semestre
 - MA212. Ecuaciones Diferenciales
 - –
 - MA351. Estadística y Probabilidades
 - –

Capítulo 7

Equivalencias con otros planes curriculares

A continuación se pueden observar las equivalencias de la presente malla con el(es) Plan(es) curricular(es) anterior(ES). Para ver mayores detalles de la malla propuesta observar la sección 4.2 Pág. 84.

Capítulo 8

Laboratorios