



Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Escuela Profesional de

Ingeniería Civil

Sílabo 2026-II

1. CURSO

CE3H3. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Obligatorio)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	: CE3H3. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado
2.2 Semestre	: 9 ^{no} Semestre.
2.3 Créditos	: 4
2.4 Horas	: 4 HT; 2 HP;
2.5 Duración del periodo	: 16 semanas
2.6 Condición	: Obligatorio
2.7 Modalidad de aprendizaje	: Presencial
2.8 Prerrequisitos	: CE3H1. Mecánica de Fluidos II. (8 ^{vo} Sem)

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Abastecimiento de Agua y Alcantarillado es un curso integrador que reúne conocimientos de hidrología, hidráulica, geotecnia, ciencia de materiales, química ambiental, estadística, optimización y gestión de proyectos para el diseño de sistemas urbanos de agua potable y saneamiento. El estudiante aplica esta base multidisciplinaria a la proyección de demanda, el diseño de redes de distribución y alcantarillado, el tratamiento de agua y aguas residuales, y la evaluación de la sostenibilidad e impacto ambiental de estos sistemas.

5. OBJETIVOS

- Aplicar principios de hidrología, mecánica de fluidos y geotecnia al diseño de sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado.
- Diseñar redes de distribución de agua potable y sistemas de alcantarillado, incluyendo la selección de materiales y estructuras hidráulicas asociadas.
- Aplicar herramientas estadísticas, de optimización y de teoría de grafos al dimensionamiento y trazado de redes.
- Evaluar la sostenibilidad, el impacto ambiental y la viabilidad económica de proyectos de agua y saneamiento.

6. RESULTADOS DEL ESTUDIANTE

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

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

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

7. TEMAS

Unidad 1: Ciclo Hidrológico y Balance Hídrico (2 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Ciclo hidrológico y conceptos de balance hídrico ▪ Medición y análisis de precipitación ▪ Estimación de evaporación y evapotranspiración ▪ Teoría de infiltración y procesos lluvia-escorrentía	▪ Explicar el ciclo hidrológico y cuantificar los componentes del balance hídrico [Familiarizarse] ▪ Analizar datos de precipitación y desarrollar relaciones profundidad-área-duración [Evaluar] ▪ Estimar evaporación y evapotranspiración usando métodos empíricos [Usar] ▪ Aplicar modelos de infiltración para estimar escorrentía a partir de eventos de lluvia [Evaluar]
Lecturas : [CMM88]	

Unidad 2: Hidrología Superficial y Modelación de Cuencas (2 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Análisis de hidrogramas y método del hidrograma unitario ▪ Modelación de cuencas y simulación hidrológica ▪ Medición de caudal y técnicas de aforo	▪ Derivar hidrogramas unitarios y sintetizar hidrogramas de escorrentía [Usar] ▪ Desarrollar modelos de cuenca usando herramientas de software para simulación hidrológica [Usar] ▪ Realizar mediciones de caudal e interpretar curvas de duración de caudales [Evaluar]
Lecturas : [CMM88]	

Unidad 3: Análisis de Frecuencia de Crecidas y Cambio Climático (2 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Análisis de frecuencia de crecidas y tormentas de diseño ▪ Métodos de tránsito hidrológico para cauces y embalses ▪ Impactos del cambio climático en sistemas hidrológicos	▪ Realizar análisis de frecuencia de crecidas usando métodos estadísticos [Evaluar] ▪ Transitar hidrogramas de crecida a través de cauces y embalses [Usar] ▪ Evaluar los impactos del cambio climático en la hidrología de cuencas y sus implicaciones de diseño [Evaluar]
Lecturas : [CMM88]	

Unidad 4: Química y Microbiología Ambiental para Ingenieros (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Principios de química acuática: acidez, alcalinidad, dureza y capacidad amortiguadora ■ Equilibrios y cinética química relevantes para procesos ambientales ■ Metabolismo microbiano, crecimiento y clasificación en contextos ambientales ■ Ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre ■ Indicadores de calidad del agua y métodos analíticos estándar ■ Química de coloides y superficies para el destino y transporte de contaminantes ■ Toxicología y evaluación de riesgo de contaminantes ambientales ■ Herramientas de biología molecular para aplicaciones en ingeniería ambiental ■ Modelación del destino y transporte de contaminantes en sistemas diseñados y naturales	■ Calcular pH, intensidad amortiguadora y especiación química en sistemas acuáticos [Usar] ■ Explicar el rol de grupos microbianos clave en el tratamiento de aguas residuales y el ciclaje biogeoquímico [Familiarizarse] ■ Aplicar balance de masa y cinética de reacción a sistemas ambientales [Evaluar] ■ Describir los pasos principales y la importancia ambiental de los ciclos del nitrógeno y fósforo [Familiarizarse] ■ Interpretar datos de calidad del agua de reportes analíticos estándar [Usar] ■ Analizar el rol de los procesos coloidales e interfaciales en la remoción de contaminantes [Evaluar] ■ Definir parámetros y conceptos toxicológicos clave usados en la evaluación de riesgo ambiental [Familiarizarse] ■ Evaluar la aplicación de técnicas moleculares para el monitoreo de sistemas biológicos diseñados [Evaluar] ■ Modelar el destino y transporte de un contaminante conservativo en un compartimento ambiental simple [Usar]
Lecturas : [DC10]	

Unidad 5: Dinámica de Poblaciones (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Modelos de crecimiento exponencial y logístico; capacidad de carga y efecto Allee ■ Modelos depredador-presa y de competición de Lotka-Volterra; equilibrios y análisis de estabilidad ■ Modelos estructurados por edad: matrices de Leslie y ecuación de Euler-Lotka ■ Modelos de reacción-difusión y ondas viajeras en ecología espacial (ecuación de Fisher-KPP) ■ Dinámica evolutiva: ecuaciones de replicador, teoría de juegos y ecuación de Price	■ Analizar la estabilidad de los equilibrios en sistemas de Lotka-Volterra mediante linealización y retratos de fase [Familiarizarse] ■ Construir modelos de población estructurados por edad usando matrices de Leslie y calcular tasas de crecimiento a largo plazo [Usar] ■ Aplicar la teoría de reacción-difusión para modelar la propagación espacial de una especie invasora usando la ecuación de Fisher-KPP [Evaluar]
Lecturas : [Edd+13]	

Unidad 6: Estadística Matemática y Teoría de Estimación (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Estimación puntual: Método de Momentos y Estimación de Máxima Verosimilitud ▪ Construcción e interpretación de intervalos de confianza en pruebas de ingeniería ▪ Prueba de hipótesis para control de calidad y validación de procesos en ingeniería ▪ Regresión lineal y no lineal para ajuste de datos de ingeniería ▪ Introducción al Diseño de Experimentos (DoE) para la optimización en ingeniería	▪ Derivar estimadores de máxima verosimilitud para parámetros de modelos de falla en ingeniería [Usar] ▪ Verificar la significancia estadística de los resultados de pruebas de ingeniería mediante pruebas de hipótesis [Evaluar] ▪ Construir intervalos de confianza para parámetros clave de procesos a partir de datos experimentales [Usar] ▪ Aplicar regresión lineal para modelar y predecir el desempeño de ingeniería a partir de datos medidos [Evaluar]
Lecturas : [AT07]	

Unidad 7: Teoría del Interés y Valor del Dinero en el Tiempo (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Interés compuesto: funciones de acumulación, tasas efectivas y nominales, y fuerza de interés ▪ Anualidades vencidas y anticipadas: valores actuales y acumulados, perpetuidades ▪ Valoración de bonos: relación precio-rendimiento, duración, convexidad y planes de amortización ▪ Curvas de rendimiento: tasas spot, tasas forward y métodos de bootstrap para la estructura de plazos ▪ Inmunización de carteras: condiciones de Redington y emparejamiento de flujos de efectivo	▪ Calcular el valor actual y el valor acumulado de anualidades bajo varios supuestos de tasa de interés [Familiarizarse] ▪ Valorar bonos usando la relación precio-rendimiento y calcular la duración y convexidad para la sensibilidad a la tasa de interés [Usar] ▪ Construir una cartera que satisfaga las condiciones de inmunización de Redington frente a desplazamientos paralelos de la curva de rendimiento [Evaluar]
Lecturas : [BT17]	

Unidad 8: Sistemas de Agua Urbanos (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Estimación de demanda de agua y diseño de sistemas de distribución ▪ Análisis y modelación de redes de distribución ▪ Consideraciones de calidad del agua en sistemas de distribución ▪ Estimación de escorrentía pluvial usando el método racional ▪ Diseño y análisis hidráulico de alcantarillado pluvial ▪ Prácticas óptimas de gestión de drenaje urbano ▪ Modelación avanzada de sistemas de distribución de agua ▪ Diseño de instalaciones de detención y retención ▪ Infraestructura verde y desarrollo de bajo impacto ▪ Sistemas de alcantarillado combinado y control de desbordamientos	▪ Estimar demandas de agua y diseñar la capacidad del sistema de distribución [Evaluar] ▪ Analizar redes de distribución para presión y caudal adecuados [Usar] ▪ Abordar problemas de calidad del agua, incluyendo desinfección y corrosión [Familiarizarse] ▪ Calcular escorrentía pluvial usando el método racional [Evaluar] ▪ Diseñar sistemas de alcantarillado pluvial siguiendo principios de la línea de gradiente hidráulico [Usar] ▪ Implementar prácticas óptimas de gestión de aguas pluviales para control de escorrentía [Evaluar] ▪ Desarrollar modelos avanzados de distribución de agua para optimización del sistema [Usar] ▪ Dimensionar cuencas de detención y retención para reducción de caudal pico [Evaluar] ▪ Aplicar técnicas de infraestructura verde para gestión sostenible de aguas pluviales [Usar] ▪ Evaluar problemas de desbordamientos de alcantarillado combinado y diseñar medidas de control [Evaluar]
Lecturas : [Edd+13], [Whi16]	

Unidad 9: Diseño de Estructuras Hidráulicas (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Tipos de presas y criterios de selección ■ Hidráulica y diseño de vertedores ■ Ecuaciones de flujo para aliviaderos y compuertas ■ Disipación de energía y diseño de pozos de amortiguación ■ Hidráulica y diseño de alcantarillas ■ Análisis de seguridad de presas y evaluación de riesgos ■ Obras de salida y estructuras de control ■ Facilidades de paso de peces e hidráulica ambiental ■ Análisis y prevención de cavitación ■ Modelación física hidráulica y efectos de escala	■ Clasificar tipos de presas y seleccionar configuraciones apropiadas para condiciones del sitio [Familiarizarse] ■ Diseñar vertedores para capacidad de descarga de crecidas [Evaluar] ■ Calcular descarga sobre aliviaderos y a través de compuertas [Usar] ■ Dimensionar estructuras de disipación de energía y pozos de amortiguación [Evaluar] ■ Analizar la hidráulica de alcantarillas para control de entrada y salida [Usar] ■ Realizar evaluaciones de seguridad de presas y clasificación de peligros [Evaluar] ■ Diseñar obras de salida, incluyendo estructuras de toma y conductos [Usar] ■ Incorporar requisitos de paso de peces en el diseño de estructuras hidráulicas [Evaluar] ■ Evaluar el potencial de cavitación y diseñar medidas preventivas [Usar] ■ Interpretar resultados de modelos físicos y aplicar correcciones de escala [Evaluar]
Lecturas : [Nov+07]	

Unidad 10: Investigación de Sitio y Ensayos In Situ (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Planificación de la investigación y determinación del alcance ■ Métodos de perforación y técnicas de exploración del subsuelo ■ Métodos de muestreo para muestras alteradas y no alteradas ■ Ensayo de Penetración Estándar y correlaciones ■ Programa de ensayos de laboratorio y selección de ensayos ■ Ensayo de Penetración de Cono y ensayo de piezocono ■ Ensayo de corte con veleta y ensayo de presurímetro ■ Métodos geofísicos, incluyendo estudios sísmicos y de resistividad ■ Monitoreo de aguas subterráneas e instalación de piezómetros ■ Preparación de informes y presentación de datos geotécnicos ■ Ensayos de permeabilidad in situ (Lugeon/packer) para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación ■ Investigación de canteras para determinar cantidad y calidad del material de relleno del terraplén	■ Desarrollar programas apropiados de investigación de sitio basados en los requisitos del proyecto [Evaluar] ■ Seleccionar métodos apropiados de perforación y exploración para diferentes condiciones de suelo [Familiarizarse] ■ Especificar técnicas de muestreo para obtener muestras de calidad para ensayos [Usar] ■ Interpretar datos del SPT y aplicar correlaciones empíricas para parámetros de diseño [Evaluar] ■ Diseñar programas de ensayos de laboratorio para proyectos geotécnicos [Usar] ■ Analizar datos de CPT y piezocono para perfilaje de suelos y evaluación de parámetros [Evaluar] ■ Aplicar ensayos de corte con veleta y presurímetro para caracterización de arcillas blandas [Usar] ■ Utilizar métodos geofísicos para complementar técnicas de investigación tradicionales [Evaluar] ■ Monitorear condiciones de aguas subterráneas e interpretar datos piezométricos [Usar] ■ Preparar informes comprensivos de investigación geotécnica [Evaluar] ■ Realizar ensayos de packer (Lugeon) e interpretar los resultados para el diseño de la cortina de inyecciones de la fundación [Usar] ■ Caracterizar canteras en cuanto a cantidad y calidad del material de relleno del terraplén [Evaluar]
Lecturas : [Das19]	

Unidad 11: Flujo en Tuberías a Presión y Sistemas de Bombeo (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Fundamentos del flujo en tuberías y ecuación de Darcy-Weisbach ▪ Pérdidas menores y análisis de sistemas de tuberías ▪ Métodos de análisis de redes de tuberías ▪ Características de bombas y curvas del sistema ▪ Selección de bombas y requisitos de instalación ▪ Golpe de ariete y análisis de transitorios ▪ Diseño de tuberías y selección de materiales ▪ Bombas de velocidad variable y eficiencia energética ▪ Modelación y optimización de redes ▪ Selección de válvulas y sistemas de control hidráulico	▪ Calcular pérdidas de carga en sistemas de tuberías usando ecuaciones de fricción [Evaluar] ▪ Determinar la pérdida de carga total incluyendo pérdidas menores en tuberías complejas [Usar] ▪ Analizar redes de tuberías usando el método de Hardy Cross o métodos equivalentes [Evaluar] ▪ Construir curvas características de bombas y curvas del sistema [Usar] ▪ Seleccionar bombas apropiadas basándose en el punto de operación y eficiencia [Evaluar] ▪ Evaluar efectos de golpe de ariete y diseñar protección contra transitorios [Usar] ▪ Diseñar tuberías considerando factores hidráulicos, estructurales y económicos [Evaluar] ▪ Aplicar variadores de velocidad para optimización de sistemas de bombeo [Usar] ▪ Optimizar redes de distribución de agua usando software de modelación [Evaluar] ▪ Especificar válvulas y sistemas de control para operaciones de tuberías [Usar]
Lecturas : [Whi16], [Ávi02]	

Unidad 12: Mecánica de Materiales y Comportamiento Estructural (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Conceptos de esfuerzo y deformación, incluyendo esfuerzos normal, cortante y principales ■ Carga axial y deformación de elementos ■ Torsión de secciones circulares y no circulares ■ Esfuerzo por flexión y deflexión en vigas ■ Distribución del esfuerzo cortante en vigas ■ Carga combinada y transformación de esfuerzos ■ Pandeo de columnas y análisis de estabilidad ■ Mecánica de fatiga y fractura ■ Comportamiento elástico y plástico de los materiales ■ Métodos energéticos para análisis estructural	■ Definir esfuerzo, deformación y sus relaciones a través de leyes constitutivas [Familiarizarse] ■ Calcular esfuerzos y deformaciones en elementos bajo carga axial [Usar] ■ Determinar esfuerzos torsionales y ángulos de giro en ejes [Usar] ■ Analizar la distribución de esfuerzos por flexión y la deflexión en vigas [Evaluar] ■ Calcular la distribución del esfuerzo cortante en secciones transversales de vigas [Usar] ■ Aplicar ecuaciones de transformación de esfuerzos para condiciones de carga combinada [Evaluar] ■ Evaluar la estabilidad de columnas y calcular cargas críticas de pandeo [Evaluar] ■ Explicar los mecanismos de falla por fatiga y predecir la vida a fatiga [Familiarizarse] ■ Distinguir entre el comportamiento elástico y plástico de los materiales bajo carga [Usar] ■ Utilizar métodos energéticos para resolver problemas de deflexión y estructuras indeterminadas [Usar]
Lecturas : [Hib17]	

Unidad 13: Ensayos Normalizados, Control de Calidad y Análisis de Fallas (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Métodos de ensayo estándar para caracterización de materiales y ensayos de aceptación ■ Procedimientos de muestreo y selección de muestras representativas ■ Protocolos de control de calidad y aseguramiento de la calidad en la construcción ■ Análisis estadístico de datos de ensayos y criterios de aceptación ■ Métodos de ensayos no destructivos para materiales y estructuras ■ Técnicas avanzadas de caracterización de materiales, incluyendo microscopía y espectroscopia ■ Metodología de análisis de fallas e investigación de causa raíz ■ Ingeniería forense y evaluación de daños ■ Ensayos y enfoques de especificación basados en el desempeño ■ Requisitos de certificación, cumplimiento y ensayos de tercera parte	■ Realizar ensayos estándar de materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM o equivalentes [Usar] ■ Desarrollar planes de muestreo apropiados para la aceptación de materiales de construcción [Evaluar] ■ Implementar procedimientos de control de calidad para materiales y procesos de construcción [Usar] ■ Analizar datos de ensayos utilizando métodos estadísticos y establecer criterios de aceptación [Evaluar] ■ Aplicar técnicas de ensayos no destructivos para la evaluación in situ de materiales [Familiarizarse] ■ Utilizar técnicas de caracterización avanzada para investigar la microestructura de los materiales [Usar] ■ Conducir un análisis sistemático de fallas para determinar las causas raíz del deterioro de materiales [Evaluar] ■ Investigar fallas estructurales utilizando metodologías de ingeniería forense [Evaluar] ■ Diseñar protocolos de ensayo basados en el desempeño para materiales innovadores [Usar] ■ Interpretar requisitos de certificación y coordinar programas de ensayos de tercera parte [Familiarizarse]
Lecturas : [Nev11]	

Unidad 14: Ciencia de Materiales de Construcción (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, incluyendo densidad, porosidad, resistencia y elasticidad ▪ Microestructura y composición de fases de los materiales de construcción ▪ Mecanismos de durabilidad, incluyendo intemperismo, ataque químico y degradación ambiental ▪ Propiedades térmicas e higrotérmicas de los materiales de construcción ▪ Estructuras cristalinas y amorfas en los materiales de construcción ▪ Criterios de selección de materiales basados en requisitos de desempeño ▪ Mecanismos de degradación y predicción de la vida útil	▪ Describir las propiedades físicas y mecánicas fundamentales de los principales materiales de construcción [Familiarizarse] ▪ Analizar la relación entre la microestructura y las propiedades macroscópicas de los materiales [Evaluar] ▪ Evaluar el desempeño en durabilidad de los materiales bajo condiciones ambientales específicas [Usar] ▪ Explicar los efectos de las variaciones térmicas e higrotérmicas en el comportamiento de los materiales [Familiarizarse] ▪ Seleccionar materiales de construcción apropiados basándose en especificaciones de diseño y criterios de desempeño [Evaluar] ▪ Predecir la vida útil y los patrones de degradación de los materiales en diversos entornos [Usar]
Lecturas : [Nev11]	

Unidad 15: Química del Estado Sólido y Materiales (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Sistemas cristalinos, redes de Bravais e índices de Miller para materiales de ingeniería ▪ Difracción de rayos X para la determinación de estructuras cristalinas e identificación de fases ▪ Compuestos iónicos: estructuras cristalinas y energías de red ▪ Sólidos metálicos y covalentes de red: enlace y propiedades de ingeniería ▪ Defectos puntuales, vacantes, intersticiales y no estequiometría en sólidos de ingeniería ▪ Teoría de bandas y propiedades electrónicas de conductores, semiconductores y aislantes de ingeniería ▪ Métodos de síntesis de materiales inorgánicos de ingeniería: reacciones en estado sólido, sol-gel y CVD	▪ Identificar los sistemas cristalinos y describir las operaciones de simetría en materiales sólidos de ingeniería [Familiarizarse] ▪ Interpretar patrones de difracción de rayos X para identificar fases cristalinas y determinar los parámetros de la celda unitaria [Usar] ▪ Calcular energías de red usando ciclos de Born-Haber para compuestos iónicos de ingeniería [Usar] ▪ Explicar cómo los defectos puntuales controlan la difusión, la conductividad y la corrosión en materiales de ingeniería [Evaluar] ▪ Aplicar la teoría de bandas para predecir y diseñar las propiedades eléctricas de materiales sólidos [Evaluar] ▪ Seleccionar métodos de síntesis apropiados para la producción de materiales inorgánicos de ingeniería específicos [Usar]
Lecturas : [CR20]	

Unidad 16: Algoritmos de Optimización (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Descenso por gradiente y métodos de búsqueda lineal: condiciones de Armijo-Wolfe y tasas de convergencia ▪ Método de Newton y métodos cuasi-Newton (BFGS, L-BFGS) ▪ Optimización con restricciones: condiciones KKT, métodos de penalización y programación cuadrática secuencial ▪ Algoritmos de optimización convexa: métodos de punto interior y método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM) ▪ Descenso de gradiente estocástico (SGD), reducción de varianza y optimizador Adam	▪ Explicar las garantías de convergencia del descenso por gradiente para funciones convexas suaves [Familiarizarse] ▪ Aplicar los métodos de Newton y cuasi-Newton a problemas de optimización sin restricciones [Usar] ▪ Formular un problema de optimización con restricciones como un sistema KKT y aplicar un método de punto interior [Evaluar]
Lecturas : [NW06]	

Unidad 17: Teoría de Grafos (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-6	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Grafos: definiciones, isomorfismo, sucesiones de grados, árboles y árboles generadores ▪ Conectividad, teorema de Menger y flujos en redes (flujo máximo-corte mínimo) ▪ Emparejamientos (teorema de Hall), coloraciones de grafos y el polinomio cromático ▪ Grafos planares, fórmula de Euler, teorema de Kuratowski y el teorema de los cuatro colores ▪ Matrices de adyacencia y laplaciana, valores propios y grafos expandidores	▪ Identificar propiedades estructurales de grafos (conectividad, planaridad, bipartitud) y aplicar la fórmula de Euler [Familiarizarse] ▪ Aplicar el teorema de matrimonio de Hall y algoritmos de flujo en redes a problemas de emparejamiento y enrutamiento [Usar] ▪ Analizar el espectro de un grafo para acotar su número cromático y sus propiedades de conectividad [Evaluar]
Lecturas : [Wes01]	

Unidad 18: Ingeniería de Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Agua (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Fundamentos de la ciencia del clima y reducción de escala de proyecciones de modelos climáticos globales ▪ Impactos hidrológicos del cambio climático: intensidad de precipitación, sequía y derretimiento de nieve ▪ Marcos de evaluación de vulnerabilidad y riesgo para infraestructura hídrica ▪ Adaptación del sistema de suministro de agua: diversificación de fuentes y gestión de la demanda ▪ Adaptación del sistema de drenaje pluvial para lluvias de mayor intensidad ▪ Estrategias de adaptación costera: retiro gestionado, estructuras de protección y soluciones basadas en la naturaleza ▪ Toma de decisiones bajo incertidumbre y vías de gestión adaptativa ▪ Estándares y códigos de diseño de infraestructura bajo condiciones climáticas no estacionarias ▪ Evaluación económica de opciones de adaptación y mecanismos de financiamiento	▪ Interpretar proyecciones climáticas reducidas de escala para variables hidrológicas clave [Familiarizarse] ▪ Evaluar la vulnerabilidad de un sistema de suministro de agua a cambios proyectados en la frecuencia de sequías [Evaluar] ▪ Rediseñar una alcantarilla de drenaje pluvial para una mayor intensidad de lluvia de diseño basada en proyecciones climáticas [Usar] ▪ Describir estrategias de adaptación para gestionar la demanda urbana de agua bajo escasez hídrica [Familiarizarse] ▪ Comparar opciones de ingeniería duras y blandas (basadas en la naturaleza) para la protección contra inundaciones costeras [Evaluar] ▪ Desarrollar un plan de gestión adaptativa para un embalse que enfrenta regímenes futuros de afluencia inciertos [Usar] ▪ Proponer revisiones a los estándares de diseño de infraestructura para incorporar resiliencia climática [Evaluar] ▪ Realizar un análisis costo-beneficio para un portafolio de medidas de adaptación de infraestructura hídrica [Usar]
Lecturas : [DC10]	

Unidad 19: Flujo en Canales Abiertos y Mecánica Fluvial (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-1	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Clasificación del flujo en cauces y elementos hidráulicos ▪ Principios de energía y cantidad de movimiento en canales abiertos ▪ Flujo uniforme y ecuación de Manning ▪ Flujo crítico y conceptos de energía específica ▪ Perfiles de flujo gradualmente variado ▪ Salto hidráulico y flujo rápidamente variado ▪ Diseño de cauces para conducción estable ▪ Transporte de sedimentos en canales abiertos ▪ Morfología fluvial y estabilidad de cauces ▪ Análisis de socavación y medidas de protección	▪ Clasificar regímenes de flujo en canales abiertos y calcular elementos hidráulicos [Familiarizarse] ▪ Aplicar ecuaciones de energía y cantidad de movimiento para resolver problemas de flujo en cauces [Evaluar] ▪ Calcular tirante normal y caudal usando la ecuación de Manning [Usar] ▪ Determinar tirante crítico y analizar relaciones de energía específica [Evaluar] ▪ Calcular perfiles de flujo gradualmente variado usando métodos estándar [Usar] ▪ Analizar saltos hidráulicos y calcular la disipación de energía [Evaluar] ▪ Diseñar cauces estables con secciones transversales y revestimientos apropiados [Usar] ▪ Estimar tasas de transporte de sedimentos en cauces aluviales [Evaluar] ▪ Evaluar la estabilidad de cauces fluviales y el potencial de erosión de riberas [Familiarizarse] ▪ Predecir profundidades de socavación en estructuras hidráulicas y diseñar protección [Evaluar]
Lecturas : [Cho59]	

Unidad 20: Evaluación de Impacto Ambiental y Métricas de Sostenibilidad (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Proceso de EIA: tamizado, alcance, análisis de impacto, mitigación y participación pública ■ Métodos de predicción de impacto para aire, agua, suelo, ruido y sistemas ecológicos ■ Jerarquía de mitigación y diseño de planes de gestión ambiental ■ Marcos legales e institucionales para EIA ■ Conceptos de sostenibilidad y el triple resultado (medio ambiente, economía, sociedad) ■ Evaluación de impacto acumulativo y evaluación ambiental estratégica (EAE) ■ Evaluación de impacto social y métodos de compromiso con las partes interesadas ■ Métricas de sostenibilidad y marcos de indicadores (ej. ODS, Envision) ■ Herramientas de apoyo a la decisión y análisis multicriterio para diseño sostenible	■ Describir las etapas clave de un proceso estandarizado de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) [Familiarizarse] ■ Predecir los impactos ambientales primarios de un proyecto de infraestructura propuesto sobre la calidad local del aire y agua [Usar] ■ Desarrollar medidas de mitigación para impactos ambientales significativos identificados [Evaluar] ■ Explicar los requisitos legales y el propósito de la EIA en el proceso de aprobación de proyectos [Familiarizarse] ■ Aplicar el marco del triple resultado para evaluar un proyecto de ingeniería simple [Evaluar] ■ Realizar un ejercicio de alcance para definir los límites y temas clave de una evaluación de impacto acumulativo [Evaluar] ■ Diseñar un plan de compromiso con las partes interesadas para un proyecto de desarrollo controversial [Usar] ■ Seleccionar métricas de sostenibilidad apropiadas para rastrear el desempeño de un proyecto de infraestructura verde [Evaluar] ■ Usar una herramienta simple de análisis de decisión multicriterio (ADM) para comparar diseños alternativos de proyectos [Usar]
Lecturas : [GT19]	

Unidad 21: Sistemas de Edificación Sostenible y Desarrollo Urbano Sostenible (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Envolventes de edificio de alto desempeño y estrategias de diseño pasivo ■ Modelado energético, sistemas HVAC eficientes y generación renovable in situ ■ Eficiencia del agua: accesorios de bajo flujo, captación de agua pluvial y reúso de agua gris ■ Calidad ambiental interior (IEQ): confort térmico, iluminación natural y calidad del aire ■ Diseño sostenible de sitio: gestión de aguas pluviales, reducción de isla de calor, preservación de hábitat ■ Diseño de edificio de energía y agua neto cero ■ Tecnologías de edificios inteligentes y IoT para optimización operacional ■ Sostenibilidad urbana: desarrollo orientado al transporte, densidad y planificación de usos mixtos ■ Sistemas de certificación de edificación sostenible: LEED, BREEAM, Living Building Challenge	■ Diseñar una sección de edificio que ilustre estrategias clave de calefacción y enfriamiento pasivo [Evaluar] ■ Dimensionar un sistema de captación de agua pluvial para un área de techo y demanda determinadas [Usar] ■ Explicar los parámetros clave que afectan la calidad del aire interior y el confort térmico [Familiarizarse] ■ Desarrollar un plan de sitio que minimice superficies impermeables e incorpore infraestructura verde [Usar] ■ Modelar el uso de energía de un edificio para demostrar un camino hacia energía neta cero [Evaluar] ■ Describir cómo un sistema de automatización de edificios puede optimizar el uso de energía y agua [Familiarizarse] ■ Planificar un nodo de desarrollo orientado al transporte (TOD) para reducir la dependencia vehicular [Evaluar] ■ Preparar documentación para un proyecto orientado a un nivel específico de certificación LEED [Usar]
Lecturas : [Kib16]	

Unidad 22: Diseño de Procesos de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ Parámetros de calidad del agua y estándares regulatorios para agua potable y efluentes de aguas residuales ■ Procesos de tratamiento físico: cribado, sedimentación, flotación y filtración ■ Procesos de tratamiento químico: coagulación, floculación, desinfección y ajuste de pH ■ Principios de tratamiento biológico: sistemas de crecimiento suspendido (lodos activados) y crecimiento adherido (filtros percoladores) ■ Selección de procesos y criterios de diseño basados en las características del agua fuente o las aguas residuales ■ Procesos de tratamiento avanzado: filtración por membranas, oxidación avanzada y remoción de nutrientes (N y P) ■ Manejo, tratamiento y disposición de lodos y biosólidos ■ Diseño de la disposición de la planta, perfil hidráulico y sistema de bombeo ■ Pretratamiento de aguas residuales industriales y estrategias de remoción de contaminantes específicos ■ Control de procesos, monitoreo y solución de problemas en plantas de tratamiento	■ Identificar los parámetros clave de calidad del agua y su importancia para la salud humana y el medio ambiente [Familiarizarse] ■ Seleccionar procesos unitarios físicos y químicos apropiados para un objetivo dado de tratamiento de agua o aguas residuales [Evaluar] ■ Diseñar componentes fundamentales de plantas de tratamiento de agua, como cámaras de mezcla rápida, floculadores y tanques de sedimentación [Usar] ■ Explicar los mecanismos biológicos y parámetros operativos de los sistemas de lodos activados [Familiarizarse] ■ Dimensionar unidades de tratamiento primario y secundario basándose en caudales y carga de contaminantes [Evaluar] ■ Diseñar trenes de tratamiento avanzado para reúso de agua o límites estrictos de descarga de nutrientes [Usar] ■ Evaluar alternativas de gestión de lodos y seleccionar métodos apropiados de espesamiento/deshidratación [Evaluar] ■ Desarrollar perfiles hidráulicos y especificaciones de bombas para la disposición de plantas de tratamiento [Usar] ■ Proponer estrategias de pretratamiento para corrientes específicas de aguas residuales industriales [Evaluar] ■ Implementar estrategias básicas de control de procesos para optimizar el desempeño de la planta de tratamiento [Usar]
Lecturas : [Edd+13]	

8. PLAN DE TRABAJO

8.1 Metodología

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

8.2 Sesiones Teóricas

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

8.3 Sesiones Prácticas

Las sesiones prácticas se llevan en clase donde se desarrollan una serie de ejercicios y/o conceptos prácticos mediante planteamiento de problemas, la resolución de problemas, ejercicios puntuales y/o en contextos aplicativos.

9. SISTEMA DE EVALUACIÓN

***** EVALUATION MISSING *****

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- [Cho59] Ven Te Chow. *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, 1959.
- [CMM88] Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, 1988.
- [Wes01] Douglas B. West. *Introduction to Graph Theory*. 2nd. Prentice Hall, 2001.
- [Ávi02] Gilberto Sotelo Ávila. *Hidráulica General, Tomo I: Fundamentos*. 2da. Limusa, 2002.
- [NW06] Jorge Nocedal y Stephen J. Wright. *Numerical Optimization*. 2nd. Springer, 2006.
- [AT07] Alfredo H-S. Ang y Wilson H. Tang. *Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*. 2nd. Wiley, 2007.
- [Nov+07] Pavel Novak et al. *Hydraulic Structures*. 4th. Taylor & Francis, 2007.
- [DC10] Mackenzie L. Davis y David A. Cornwell. *Introduction to Environmental Engineering*. 5th. McGraw-Hill, 2010.
- [Nev11] A. M. Neville. *Properties of Concrete*. 5th. Pearson, 2011.
- [Edd+13] Metcalf & Eddy et al. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th. McGraw-Hill, 2013.
- [Kib16] Charles J. Kibert. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. 5th. Wiley, 2016.
- [Whi16] Frank M. White. *Fluid Mechanics*. 8th. McGraw-Hill, 2016.
- [BT17] Leland Blank y Anthony Tarquin. *Engineering Economy*. 8th. McGraw-Hill, 2017.
- [Hib17] Russell Hibbeler. *Mechanics of Materials*. 10th. Pearson, 2017.
- [Das19] Braja M. Das. *Principles of Geotechnical Engineering*. 9th. Cengage Learning, 2019.
- [GT19] John Glasson y Riki Therivel. *Introduction to Environmental Impact Assessment*. 5th. Routledge, 2019.
- [CR20] William D. Callister y David G. Rethwisch. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 10th. Wiley, 2020.