



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

CREACIÓN DE LA ESPECIALIZACIÓN EN HIDROINFORMÁTICA EN EL ÁMBITO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Buenos Aires, 4 de septiembre de 2024

VISTO la decisión de jerarquizar la educación de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional, abarcando los diferentes niveles y aspirando al mayor reconocimiento nacional e internacional, y

CONSIDERANDO:

Que el campo temático que aborda la carrera de Especialización en Hidroinformática resulta un área de conocimiento que es imprescindible ofrecer a través de la formación de posgrado.

Que, la citada carrera, responde a la necesidad de brindar a docentes y graduados/as, conocimientos para el dominio de las herramientas computacionales disponibles para las tareas de diseño y análisis vinculados a la Ingeniería de los Recursos Hídricos y la Ingeniería Sanitaria.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad avaló el diseño curricular de la Especialización en Hidroinformática y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación como carrera de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTICULO 1°.- Crear la carrera de Especialización en Hidroinformática como carrera de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional.

ARTICULO 2°.- Aprobar el diseño curricular de la Especialización en Hidroinformática en un todo de acuerdo con el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, Ordenanza N° 1924, que se agrega como Anexo I de la presente Ordenanza.

ARTICULO 3°.- Dejar establecido que su implementación en la Universidad, a través de sus Facultades Regionales, debe ser expresamente autorizada por el Consejo Superior cuando se cumplan las condiciones y los requisitos estipulados en las normativas que rigen la educación de posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

ARTÍCULO 4° . - Regístrese, comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2069

UTN
l.p.
p.f.d.
m.m.m.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 2069

ANEXO I

ESPECIALIZACIÓN EN HIDROINFORMÁTICA

1. FUNDAMENTACIÓN

El ciclo global del agua es un proceso complejo que involucra sistemas físicos, biogeoquímicos, ecológicos y humanos. El sistema físico incluye componentes como océanos, atmósfera, lagos, ríos, suelos y acuíferos, que proporcionan almacenes y vías de flujo para el agua a través del entorno terrestre. Múltiples procesos como la evaporación, transpiración, precipitación, flujo de los ríos, flujo subterráneo y transporte de sedimentos están asociados con el movimiento del agua en estos almacenes y vías de flujo.

El sistema biogeoquímico abarca los componentes que proveen los constituyentes químicos del agua y sus transformaciones, incluyendo ciclos de nutrientes, ciclo del carbono, contaminantes y químicos como pesticidas y hormonas. El sistema ecológico comprende los ciclos de vida de organismos dependientes de sus hábitats y la influencia de la variabilidad hidrológica en los ecosistemas terrestres y acuáticos. El sistema humano, por su parte, añade complejidad al influir en el flujo y la composición química del agua, además de su variabilidad.

Entender y predecir estos sistemas es muy complejo, requiere identificar conexiones clave y retroalimentaciones entre ellos. El enfoque de "laboratorio natural", usando sistemas de observación en el ambiente real, se está volviendo más común y provee oportunidades para formular y probar nuevas hipótesis sobre el comportamiento del ciclo del agua. Sin embargo, el aumento del volumen de datos plantea el desafío de utilizarlos efectivamente en el análisis, modelado y estudios de predicción, abordando problemas de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

almacenamiento, representación, búsqueda, comunicación, visualización y descubrimiento de conocimiento.

La hidroinformática, como ciencia aplicada, se enfoca en el desarrollo de teorías, metodologías, algoritmos y herramientas para usar eficazmente los datos en la caracterización del ciclo del agua, abarcando aspectos de adquisición, archivado, representación, búsqueda, comunicación visualización, modelado y descubrimiento de conocimiento. Su aplicación se extiende a diversas áreas como la hidrología urbana, de cuencas y la hidroclimatología.

La Hidroinformática es una rama de la Informática que se concentra en la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para abordar los problemas cada vez más graves del uso equitativo y eficiente del agua para sus diferentes propósitos. Al tener sus orígenes en la Hidráulica Computacional, la simulación numérica de los flujos de agua y los procesos relacionados siguen siendo un pilar esencial de la Hidroinformática, lo que fomenta un enfoque no solo en la tecnología sino también en su aplicación en un contexto social.

El término "hidroinformática" fue introducido por Michael B. Abbott en 1989, para referirse a la aplicación de tecnologías avanzadas de computación y comunicación a problemas relacionados con el ambiente acuático. En 1994 se estableció una conferencia bianual sobre este tema y en 1999 se fundó el Journal of Hydroinformatics. Esto refleja el notable avance y expansión en este campo. Una de las áreas de rápido desarrollo es la utilización de técnicas basadas en datos para comprender el ciclo del agua, así como el creciente aprovechamiento de este conocimiento en disciplinas afines de ciencia e ingeniería. Este interés se debe en gran medida a la creciente disponibilidad de datos relacionados con el ciclo del agua, provenientes de diversas actividades de recolección de datos a nivel global, regional y local, que incluyen observaciones satelitales, redes hidrológicas y



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

meteorológicas a nivel estatal y nacional, campañas experimentales en el campo, programas para establecer observatorios hidrológicos a largo plazo, entre otros. Los desafíos asociados con la gestión, análisis y aplicaciones de estos volúmenes masivos de datos son complejos y formidables. Se están buscando innovaciones científicas para abordar estos desafíos de manera sistemática, principalmente a través de la colaboración de individuos con antecedentes multidisciplinarios.

2. JUSTIFICACIÓN

La propuesta de una Especialización en Hidroinformática surge como consecuencia de la creciente demanda del medio profesional en el ámbito de los Recursos Hídricos y el Saneamiento, de personal altamente capacitado y entrenado en las modernas herramientas computacionales disponibles para las tareas de diseño y análisis vinculados a la Ingeniería de los Recursos Hídricos y la Ingeniería Sanitaria. Si bien existen en el medio diversos trayectos curriculares de cuarto nivel en el área, ninguno se ha focalizado hasta el presente, en el estudio de las herramientas de software disponibles, quedando a voluntad o necesidad del interesado su práctica y aprendizaje; con la consecuente disparidad en la formación y en los criterios de modelado utilizados en sus futuras tareas profesionales. Este hecho repercute directamente en la oferta de profesionales calificados en el tema, resultando en diversos casos una limitante significativa a la hora de formular equipos de trabajo, la disponibilidad de recursos humanos con este perfil.

La relevancia de la Especialización en Hidroinformática permite:

- Mayor eficiencia y precisión en el diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas:
La hidroinformática permite el uso de herramientas digitales para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos, lo que puede llevar a una mayor eficiencia y precisión en el



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas, como represas, canales, sistemas de riego, entre otros.

- Optimización de la gestión de recursos hídricos: La inclusión de temas de hidroinformática en la carrera de ingeniería civil permite a los estudiantes tener una visión más completa y actualizada sobre los recursos hídricos y su gestión, lo que puede ayudar a desarrollar soluciones más eficientes y sostenibles en términos de uso y conservación.
- Preparación para un mercado laboral en constante cambio: La industria de la ingeniería civil está en constante evolución y la inclusión de temas de hidroinformática en el área de conocimiento prepara a los estudiantes, para enfrentar los desafíos actuales y futuros relacionados con la gestión de recursos hídricos y su impacto en el medio ambiente.
- Fortalecimiento de la interdisciplinariedad requerida para la combinación de conocimientos en ingeniería civil, hidrología, informática y matemáticas, entre otros campos para abordar la resolución de problemas complejos.

3. OBJETIVOS

- Formar recursos humanos altamente capacitados y entrenados en las modernas herramientas computacionales disponibles para las tareas de diseño y análisis vinculados a la Ingeniería de los Recursos Hídricos y la Ingeniería Sanitaria.
- Comprender las potencialidades y limitaciones de las herramientas de software de uso frecuente en las tareas de diseño hidráulico, hidrológico y sanitario.
- Promover el uso del software específico en el ámbito de los Recursos Hídricos y el Saneamiento.
- Aportar al desarrollo de las buenas prácticas de la Ingeniería en el contexto de las



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

nuevas tecnologías de la información y comunicación, en el ámbito de los Recursos Hídricos y el Saneamiento.

4. PERFIL DEL/LA GRADUADO/A

Los/as Especialistas en Hidroinformática participan en la definición, construcción y suministro de las herramientas que permiten a los decisores gestionar los recursos hídricos y el medio ambiente. Trabajan con ingenieros/as, científicos/as y personas de otros grupos de interés. El/la egresado/a de esta carrera, utiliza o asesora en el uso de modelos matemáticos y sistemas hidroinformáticos para la planificación, diseño o gestión del recurso hídrico. Se espera que adquiera las siguientes competencias:

- Comprender los fundamentos de una variedad de procesos físicos, técnicas de modelado avanzadas y tecnología de la información para la gestión del agua.
- Desarrollar capacidades de seleccionar y utilizar modelos de simulación aplicados a sistemas hídricos o sanitarios en una amplia variedad de situaciones de la ingeniería hidráulica, hidrológica y ambiental.
- Identificar y evaluar la factibilidad del empleo de herramientas de software actuales, conociendo sus ventajas y limitaciones.
- Diseñar, desarrollar e integrar sistemas y herramientas de apoyo a la toma de decisión.
- Brindar asesoramiento a los administradores y usuarios de herramientas avanzadas.

5. TÍTULO

La carrera se denomina “*Especialización en Hidroinformática*” y el título académico que otorga es el de “*Especialista en Hidroinformática*”.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

6. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

Los requerimientos para la aprobación de cursos, condiciones de graduación, organización académica y duración de la carrera, son los establecidos por el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad.

6.1. Condiciones de Ingreso

Podrán ingresar a la Especialización en Hidroinformática, aquellos/as profesionales que posean título superior de grado de: Ingeniería Civil, Ingeniería en Construcciones, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería en Recursos Hídricos, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Forestal, Ingeniería Agrónoma, o carreras de Ingeniería equivalentes, otorgados por Universidad reconocida.

Los/as candidatos/as procedentes de otras disciplinas relacionadas a las Ciencias de la Tierra y del Ambiente (Geología, Biología, etc.) podrán solicitar su admisión a la carrera; y en ese caso se realizará una evaluación para determinar el grado de correspondencia entre su formación, trayectoria y los requisitos de la carrera. La evaluación se realizará a través del análisis de antecedentes, entrevistas, y eventualmente, de otros elementos de valor académico solicitados por la Dirección de la carrera y Comité Académico. En caso de ser necesario se realizará un coloquio a cargo de los mismos. También podrán recomendarse cursos de nivelación para los aspirantes que requieran profundizar o actualizar sus conocimientos en áreas específicas, previo a su admisión a la carrera.

6.2. Modalidad

El régimen de cursado previsto podrá ser presencial o a distancia. La modalidad será definida por cada Facultad Regional y quedará explicitada en la correspondiente autorización de implementación. En cualquier caso, se deberán cumplimentar los



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

contenidos y las cargas horarias mínimas establecidas para los cursos que integran el plan de estudios.

6.3. Financiamiento

La carrera deberá autofinanciarse, y la Facultad Regional que la implemente será responsable de la inscripción, la recepción de solicitudes, el cobro de aranceles y fijación del monto de los mismos, así como del apoyo técnico-administrativo para su dictado.

7. ESTRUCTURA CURRICULAR

7.1. Organización Curricular

La propuesta curricular se estructura en QUINCE (15) cursos obligatorios, UN (1) curso optativo y el Seminario Integrador. Los cursos que conforman el plan de estudios se organizan en dos tipos: los de Formación Básica y los de Formación Aplicada. Entre los primeros, se hallan los que dan al estudiante las herramientas para desarrollar sus propios procedimientos y algoritmos para la solución de diversos problemas de las Ciencias del Agua; y entre los segundos, los que se centran en el estudio y aplicación de las herramientas de software disponibles en la temática.

Dado el carácter de aplicación de la Especialización, la distribución entre carga horaria teórica y práctica se concentra en esta última; profundizándose esta relación en los cursos de Formación Aplicada.

La carrera tiene un total de CUATROCIENTAS VEINTE (420) horas interacción pedagógica, a las cuales se deben sumar MIL OCHENTA (1080) horas de trabajo autónomo y actividades para la elaboración del Trabajo Final Integrador.

La carga horaria total de la carrera es de MIL QUINIENTAS HORAS (1500), equivalentes a 60 CRE, de acuerdo con lo establecido por la normativa vigente.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

El listado de seminarios optativos pretende ser un punto de partida, el cual podrá ser extendido por las Facultades Regionales que implementen la carrera, previa aprobación por parte del Consejo Superior, manteniendo los requerimientos de rigurosidad y excelencia académica establecidos, tanto en contenidos como en responsables académicos.

7.2. Plan de Estudios

Espacios curriculares	Formación	Horas Teóricas	Horas Prácticas	Horas Totales
Informática en Ciencias del Agua	Básica	15	15	30
Hidráulica de canales con HEC – RAS	Aplicada	4	16	20
Hidrología de eventos con HEC – HMS	Aplicada	4	16	20
Sistemas de Información Geográfica con QGIS	Aplicada	15	15	30
Redes de agua potable con EPANET	Aplicada	4	16	20
Cálculo Numérico en Ciencias del Agua	Básica	10	10	20
Flujo no estacionario con HEC – RAS	Aplicada	4	16	20
Hidrología de procesos continuos con SWAT+	Aplicada	15	15	30
Drenaje pluvial urbano con SWMM	Aplicada	4	16	20
Flujo subterráneo con MODFLOW	Aplicada	15	15	30
Ecuaciones Diferenciales en Ciencias del Agua	Básica	10	10	20
Flujo bidimensional con HEC – RAS	Aplicada	4	16	20
Gestión de la reducción del riesgo por inundaciones urbanas con modelos 2D	Aplicada	15	15	30
Transporte de masa en medios porosos con MODPATH, MT3D y SUTRA	Aplicada	6	24	30
Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional	Aplicada	10	10	20
Optativa	Aplicada	6	24	30
Seminario Integrador	Aplicada	6	24	30
Total		147	273	420



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Horas de interacción pedagógica en espacios curriculares	420
Horas de trabajo autónomo y actividades para la elaboración del Trabajo Final Integrador	1080
Carga horaria total Especialización	1500

Optativas
Sensores Remotos e Imágenes Satelitales
Modelos Hidrológicos Distribuidos para simulación de eventos
Transporte de sedimentos con HEC – RAS
Inteligencia artificial aplicada a las Ciencias del Agua

7.3. Objetivos y contenidos mínimos

○ INFORMÁTICA EN CIENCIAS DEL AGUA

Objetivos

Adquirir habilidades para desarrollar soluciones de software, para la lectura, procesamiento y escritura de información típica en las aplicaciones en Recursos Hídricos y Saneamiento, a través del lenguaje de programación Python.

Contenidos mínimos

Introducción a la Computación Científica

La Computación Científica. Los lenguajes de programación de la Computación Científica. El lenguaje Python. Python como calculadora. Tipos de datos básicos. Gestión de paquetes. Expresiones Lógicas y Operadores. Variables y Estructuras Básicas de Datos. Variables y asignación. Cadenas y listas. Introducción a los arrays de Numpy.

Fundamentos de la Programación Estructurada

Funciones. Definición de funciones. Ejecución y operación de funciones. Funciones lambda. Estructuras de decisión. La instrucción if-else. Formas compactas. Estructuras de repetición. Ciclos for. Ciclos while.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Entrada y salida de información

Funciones de entrada y salida estándar. Ingreso de información por teclado. Lectura de secuencias por teclado. Entradas con requisitos. Salida de información por pantalla. Control del número de decimales. Lectura y escritura de archivos. Archivos de texto. Escritura de archivos de texto. Lectura de archivos de texto. Lectura y escritura de arrays. Archivos csv. Escritura de archivos csv. Lectura de archivos csv. Otras librerías. Gráficos científicos. El paquete Matplotlib. La interface Pyplot. Gráficos 2D. Gráficos 3D. Gráficos paramétricos. Gráficos de dispersión. Superficies. Isolíneas.

○ *HIDRÁULICA DE CANALES CON HEC – RAS*

Objetivos

Desarrollar modelos de flujo a superficie libre, estacionario y gradualmente variado, mediante la herramienta de software HEC-RAS.

Contenidos mínimos

Hidráulica a superficie libre

Flujo a superficie libre. Propiedades geométricas e hidráulicas. Flujo crítico. Flujo uniforme. Flujo gradualmente variado. Flujo rápidamente variado. Condiciones de contorno. Obras de arte: alcantarillas y puentes. Estructuras hidráulicas: vertederos y compuertas.

Desarrollo de un proyecto en HEC-RAS

Datos geométricos. Datos de caudal. Plan. El entorno gráfico de HEC-RAS. El trabajo con proyectos. Ingreso de datos geométricos. Esquema. Secciones. Singularidades: alcantarillas y puentes. Ingreso de datos de caudal y condiciones de contorno. Definición de un plan en HEC-RAS. Cálculo. Visualización de resultados: gráficos y tabulares. Otras capacidades de HEC-RAS.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Casos de aplicación

Modelado hidráulico de un canal prismático. Modelado hidráulico de un tramo de río.
Modelado hidráulico de un puente. Modelado hidráulico de una alcantarilla. Modelado hidráulico de compuertas y vertederos.

○ *HIDROLOGÍA DE EVENTOS CON HEC – HMS*

Objetivos

Implementar modelos hidrológicos agregados de simulación de eventos, a nivel de cuenca, mediante la herramienta de software HEC-HMS.

Contenidos mínimos

Revisión de conceptos de Hidrología Superficial.

El ciclo del Agua. Cuenca hidrográfica. Distribución espacial y temporal de la precipitación. Tipos de escorrentía: directa, subsuperficial y base. Factores que afectan la generación de escorrentía. Métodos para estimar la escorrentía: ecuaciones de transformación y modelos hidrológicos. Infiltración y Percolación. Procesos de infiltración y percolación en suelos y terrenos. Factores que influyen en la capacidad de infiltración. Métodos de estimación de la tasa de infiltración: curvas de capacidad de infiltración, ecuaciones empíricas y modelos matemáticos. Hidrogramas y Análisis de Caudales. Concepto de hidrograma y sus componentes. Métodos para generar hidrogramas: método racional, SCS-CN.

Desarrollo de un proyecto en HEC-HMS. Nociones de HEC-HMS.

Ventana de definición del proyecto. Explorador de cuenca. Escritorio de trabajo. Editor de componentes. Registro de mensajes. Fases de trabajo en HEC-HMS. Componentes de un proyecto en HEC-HMS.

Casos de aplicación

Modelo de cuenca básica. Métodos: de pérdidas, de transformación lluvia caudal, de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

traslado de crecidas. Carga de mapas base. Delimitación de cuencas y obtención automática de parámetros morfométricos. Cálculo de tiempos de concentración, calculadora de HEC-HMS. Precipitaciones: una estación, polígonos de Thiessen, interpolación. Resultados en formato espacial. Mapas de lluvias. Introducción a la calibración: automática, semiautomática. Ingreso de datos espaciales: CN, Green y Ampt, precipitaciones. Embalses y obras de descarga: alcantarillas, orificios, vertederos, bombas.

○ *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CON QGIS*

Objetivos

Gestionar Sistemas de Información Geográfica mediante la herramienta de software QGIS, con énfasis en las aplicaciones vinculadas a las Ciencias del Agua.

Contenidos mínimos

Fundamentos de los SIG

Conceptos básicos de SIG: definición, componentes y aplicaciones. Fundamentos de cartografía digital: proyecciones, coordenadas y sistemas de referencia. Principales software SIG. Uso de datos geoespaciales: raster, vector, imágenes satelitales y datos LiDAR. Introducción al análisis espacial: operaciones de overlay, buffer, interpolación y análisis de redes.

Captura y Edición de Datos Geoespaciales

Captura de datos: GPS, digitalización de mapas y bases de datos geográficas. Edición y actualización de datos geoespaciales: creación y modificación de atributos, topología y validación de datos. Integración de datos: importación y exportación de formatos de datos geoespaciales.

Técnicas de análisis espacial

Análisis de proximidad: cálculo de distancias, áreas de influencia y análisis de cercanía.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Análisis de superficie: interpolación, modelos digitales de elevación, curvas de nivel, mapas de pendientes. Modelado hidrológico. Delimitación de cuencas. Mapas de acumulación y de dirección de drenaje. Extracción de la red de drenaje.

Desarrollo de un caso de aplicación en QGIS

El entorno QGIS. Cargar información geoespacial. Recortar y reproyectar capas. Análisis del terreno. Delimitación de la cuenca. Mapas de la cuenca y de la red de drenaje. Herramientas de GRASS GIS. La composición de mapas en QGIS.

○ *REDES DE AGUA POTABLE CON EPANET*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de desarrollar modelos de redes de agua potable en particular y de flujos presurizados en general, mediante la herramienta de software EPANET.

Contenidos mínimos

Revisión de conceptos de hidráulica de redes.

Componentes de una red de distribución de agua: tuberías, válvulas, bombas, depósitos. Parámetros hidráulicos: caudal, velocidad, pérdida de carga, presión. Criterios de diseño de redes de agua potable: demanda, presiones mínimas y máximas, caudales de diseño. Métodos de dimensionamiento de tuberías: Hazen-Williams, Manning, Darcy-Weisbach. Selección de equipos y materiales para redes de agua potable.

Desarrollo de un proyecto en EPANET

El programa EPANET: comandos. Ventana principal de EPANET. Menú principal. Barra de botones. Abrir y guardar archivos. Elementos constitutivos de la red. Propiedades. Ingreso de datos. Instalación de EPANET. El modelo de red. El trabajo con proyectos. El trabajo con objetos. El trabajo con mapas. Análisis de redes. Obtención de resultados. Impresión y



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

copiado de resultados. Importar y exportar resultados

Casos de aplicación

Análisis de una red simple. Análisis de un sistema de bombeo. Análisis de una red bajo múltiples escenarios. Análisis de una red con válvulas. Análisis de calidad de agua en una red de agua potable. Desarrollo de un ejemplo completo en EPANET.

○ *CÁLCULO NUMÉRICO EN CIENCIAS DEL AGUA*

Objetivos

Utilizar y aplicar librerías de cálculo numérico del lenguaje Python (Numpy, Scipy) para el desarrollo de soluciones de software a problemas típicos de las Ciencias del Agua.

Contenidos mínimos

Introducción al Cálculo Numérico

Conceptos fundamentales. Definiciones de error. Tipos de errores numéricos. Errores de redondeo. Errores de truncamiento. Error numérico total. Bibliotecas de cálculo numérico en Python.

Resolución numérica de ecuaciones y sistemas de ecuaciones

Resolución numérica de ecuaciones no lineales. Planteo del problema. Tolerancia. Iteración de punto fijo. Búsqueda de raíces en Python. Raíces de polinomios. Operaciones matriciales en Python. Sistemas de ecuaciones lineales. Solución de sistemas de ecuaciones lineales en Python. Inversión de matrices. Valores propios y vectores propios.

Interpolación y aproximación de funciones

Interpolación lineal. Interpolación polinomial. Interpolación con splines. Regresión por mínimos cuadrados. Regresión lineal. Casos linealizables. Regresión polinomial.

Diferenciación e integración numérica

El problema de la diferenciación numérica. Diferencias finitas divididas. Diferenciación



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

numérica en Python. Diferenciación numérica de datos irregularmente espaciados. Aproximaciones de orden superior. El problema de la integración numérica. Reglas del trapecio y de Simpson. Funciones de Python para integración numérica.

○ *FLUJO NO ESTACIONARIO CON HEC – RAS*

Objetivos

Implementar modelos de flujo no estacionario en cauces naturales (tránsito de onda dinámica) mediante la herramienta de software HEC-RAS.

Contenidos mínimos

Revisión de conceptos de Hidráulica a superficie libre e Hidrodinámica

Conceptos fundamentales. Ecuaciones de Saint-Venant. Clasificación de los modelos de tránsito distribuido. Relaciones dinámicas de profundidad-caudal. Modelo implícito de onda dinámica. Solución por diferencias finitas.

Flujo impermanente en HEC-RAS

El módulo de flujo impermanente en HEC-RAS. Tránsito dinámico de crecidas con HEC-RAS.

Casos de aplicación

Desarrollo de un ejemplo en HEC-RAS de tránsito dinámico de crecidas. RAS Mapper. Uso. Capacidades. Desarrollo de un ejemplo de flujo impermanente en HEC-RAS utilizando RAS Mapper.

○ *HIDROLOGÍA DE PROCESOS CONTINUOS CON SWAT+*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos hidrológicos de simulación continua en cuencas hidrográficas, mediante la herramienta de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

software SWAT+.

Contenidos mínimos

Elementos de Hidrología de procesos continuos

El ciclo hidrológico y sus componentes. Procesos hidrológicos. Precipitación. Escorrentía. Infiltración. Evapotranspiración. Percolación. Flujo base. Análisis de cuencas hidrográficas, balances hídricos y régimen de caudales.

El modelo SWAT+

El modelado hidrológico. Historia de SWAT. El modelo SWAT+. La interfaz QSWAT+. Instalación y requerimientos.

Caso de aplicación

Presentación del problema. Preparación de la información. Desarrollo del modelo. Aplicación del modelo. Otros aspectos de SWAT+.

○ DRENAJE PLUVIAL URBANO CON SWMM

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos de simulación de sistemas de drenaje pluvial urbano, mediante la herramienta de software EPA-SWMM.

Contenidos mínimos

Elementos de Hidrología Urbana

Conceptos básicos y particularidades de la hidrología en entornos urbanos. Desafíos y problemáticas asociadas al manejo de aguas pluviales en áreas urbanas. Diseño y funcionamiento de sistemas de drenaje pluvial en áreas urbanas. Causas y consecuencias de las inundaciones en ciudades. Estrategias y medidas para prevenir y mitigar inundaciones urbanas. Diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, reservorios de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

detención y estaciones de bombeo. Planificación de obras hidráulicas para controlar el flujo de aguas pluviales.

El modelo SWMM

El programa SWMM: comandos. Ventana principal de SWMM. Menú principal. Barra de botones. Abrir y guardar archivos. Elementos constitutivos de la red. Propiedades. Ingreso de datos. Instalación de SWMM. El modelo de red. El trabajo con proyectos. El trabajo con objetos. El trabajo con mapas. Análisis de redes. Obtención de resultados. Impresión y copiado de resultados. Importar y exportar resultados.

Caso de aplicación

Desarrollo de un ejemplo completo en SWMM. Sistemas de bombeo. Análisis de un sistema de bombeo en SWMM.

○ *FLUJO SUBTERRÁNEO CON MODFLOW*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos de flujo subterráneo a través de la herramienta de software MODFLOW, su interfaz gráfica ModelMuse y su visualizador MODPATH.

Contenidos mínimos

Fundamentos de Hidráulica Subterránea

Conceptos geológicos básicos de aplicación en hidrología subterránea. Los acuíferos o embalses subterráneos. Acuíferos libres y confinados. Teoría elemental del flujo del agua en los medios porosos. Principios generales del movimiento del agua en medios porosos. Ley de Darcy. Valores y determinación de la porosidad y de la permeabilidad. Ecuaciones diferenciales del flujo subterráneo. Resolución de las ecuaciones diferenciales del flujo y problemas asociados. Movimiento del agua en los medios porosos no saturados.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MODFLOW

El programa MODFLOW. Representación del dominio. Celdas. Capas. Condiciones iniciales y de contorno. El programa ModelMuse. Instalación y descripción de ModelMuse. ModelMuse: menú Grid y menú Data. Menú Object y menú Navigation. Menú View y menú Customize. MODFLOW6: grupos de capas, tiempo, control de salida, opciones. Confinamiento de celdas y capas. MODFLOW6: paquetes y programas, parámetros. Instalación de MODPATH. MODPATH estático y dinámico. Visualización de resultados.

Casos de aplicación

Instalación de MODFLOW. Ejemplo. Crear el modelo. Introducir la discretización espacial. Introducir la discretización temporal. Asignar los datos. Definir las condiciones de contorno. Ejecutar el modelo. Visualizar los resultados. Analizar el balance. Conceptos y operaciones básicos con ModelMuse. Los conjuntos de datos, las fórmulas y los objetos. Configuración vertical de objetos. Interacción entre conjuntos de datos, fórmulas y objetos. Métodos de interpolación. Inclusión de límites abiertos, ríos, recarga, pozos y drenes. Caso de estudio. Recopilación y análisis de la información disponible. Construcción y diseño del modelo. Ejecución, balance y calibración del modelo. Utilización del modelo.

○ *ECUACIONES DIFERENCIALES EN CIENCIAS DEL AGUA*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de plantear modelos matemáticos basados en ecuaciones diferenciales y de utilizar y aplicar librerías de cálculo numérico del lenguaje Python (Numpy, Scipy, Scikit-fdiff) para su solución a los problemas típicos de las Ciencias del Agua.

Contenidos mínimos

Resolución numérica de ecuaciones diferenciales



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Ecuaciones diferenciales ordinarias. Reducción del orden. El problema de valores iniciales de primer orden. Problemas de contorno. Funciones de Python para resolver problemas de valores iniciales y de contorno. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Solución en diferencias finitas. Funciones de Python para resolver EDPs.

Aplicaciones de las ecuaciones diferenciales y modelado

Principios del modelado matemático. Los modelos matemáticos y el método científico. Sistemas. Modelos. Parámetros. Variable de estado. Términos fuente. Clasificación de los modelos matemáticos. Modelos estacionarios e inestacionarios. Modelos agregados y distribuidos. Modelos de base física, conceptuales y empíricos. Modelos determinísticos y estocásticos. Etapas del modelado. Calibración. Validación. Simulación. Modelado con ecuaciones diferenciales. Modelado con EDOs de primer orden. Modelado con sistemas de EDOs de primer orden. Otros modelos basados en EDOs. Modelos basados en ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

○ *FLUJO BIDIMENSIONAL CON HEC – RAS*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos de flujo bidimensional en cauces naturales mediante la herramienta de software HEC-RAS.

Contenidos mínimos

Fundamentos de la Hidrodinámica Bidimensional

Introducción. Hipótesis. Ecuaciones fundamentales: deducción. Condiciones de borde e iniciales. Soluciones numéricas. El método de los volúmenes finitos (MVF): fundamentos. Discretización espacial y temporal. Condición de convergencia.

Hidrodinámica bidimensional con HEC-RAS

HEC-RAS 6. Capacidades. Modelado integrado 1D/2D. Limitaciones del modelado 2D.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Pasos en el desarrollo de un modelo 2D en HEC-RAS 6. Desarrollo de un ejemplo de aplicación 2D en HEC-RAS.

Aspectos avanzados

Modelos integrados 1D-2D. Estrategias de modelado. Conexión de áreas 2D y elementos 1D. Desarrollo de un ejemplo de aplicación. Modelado del terreno. Trabajo en RAS Mapper. Uso de múltiples modelos digitales de elevación. Uso de secciones transversales para mejorar el modelo de terreno. Desarrollo de un ejemplo de aplicación. Estructuras hidráulicas en áreas 2D. Tipos. Vinculación con la malla de VF. Limitaciones actuales. Estructura tipo vertedero. Modelos aplicables. Desarrollo de un ejemplo de aplicación. Estructura tipo alcantarilla. Desarrollo de un ejemplo de aplicación.

○ *GESTIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES URBANAS CON MODELOS 2D*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de desarrollar las tres componentes esenciales de la gestión de la reducción del riesgo por inundaciones: inventario hidrológico, monitoreo hidrometeorológico a tiempo real y simulación de escenarios actuales y futuros de eventos extremos con un modelo hidrológico e hidrodinámico en 2D; y adquiera destrezas para construir mapas de peligrosidad y riesgo que sirvan para la configuración de Protocolos barriales de actuación ante emergencias por inundación.

Contenidos mínimos

Introducción a la Gestión de programas de reducción del riesgo por inundaciones (PRRI).

Preparación del inventario hidrológico (infraestructura hidráulica, modelos digitales de terreno, uso del suelo, mapas de rugosidad, entre otros). Bases de configuración de un



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

monitoreo a tiempo real con fines de detección temprana y a tiempo real de eventos extremos: definición y presentación del Índice de severidad de tormentas (IST). Simulación de eventos extremos por medio de modelos hidrológicos e hidrodinámicos acoplados con la finalidad de producir mapas de peligrosidad (producto de velocidad x profundidad) y de riesgo (producto de vulnerabilidad x peligrosidad). Construcción de Protocolos Barriales en QGIS a partir de información básica del PRRI y la herramienta Administrador de Composiciones y Atlas. Caso de estudio: PRRI La Plata.

Caso de aplicación

Evacuación de excedentes en un parque industrial con sendas de cañerías, desagües subterráneos, balsas de acumulación y estaciones de bombeo. Uso de la versión académica de FLO2D como plugin de QGIS para la construcción de mapas de peligrosidad. Ensamble con el modelo SWMM para la simulación de sistemas de evacuación subterránea y de estaciones de bombeo a balsa de acumulación.

○ *TRANSPORTE DE MASA EN MEDIOS POROSOS CON MODPATH, MT3D Y SUTRA*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de diseñar y construir modelos de sistemas de transporte en aguas subterráneas, a través de las herramientas de software MODPATH, MT3DMS y SUTRA y la interfaz gráfica ModelMuse, para la solución de problemas de contaminación de suelos y acuíferos.

Contenidos mínimos

El transporte de masa en medios porosos

Modelos matemáticos en Hidrogeología. Simulación del transporte advectivo en un medio poroso. Ecuación del transporte advectivo. Simulación del transporte advectivo-dispersivo. Ecuaciones del transporte advectivo-dispersivo. Ecuación del transporte con reacciones



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

químicas sencillas. Simulación de flujo y transporte de densidad variable.

Las herramientas de software

El código MODPATH. Introducción al código MODPATH. MODPATH bajo el entorno ModelMuse. El código MT3D. Introducción al código MT3D. MT3D bajo el entorno ModelMuse. El código SUTRA. Introducción al código SUTRA. SUTRA bajo el entorno ModelMuse.

Casos de estudio

Caso 1: tratamiento de un problema de contaminación de las aguas subterráneas a partir de la infiltración de residuos líquidos con altas concentraciones de cloruros (hasta 5000 mg/l) y otros compuestos depositados en balsas permeables. Caso 2: Modelo bidimensional de intrusión marina (problema de Henry). Modelo tridimensional de una isla oceánica.

○ INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos simples de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) a través de la herramienta de software OpenFOAM, en su integración con FreeCAD a través del workbench CFD-OF.

Contenidos mínimos

Mecánica de los Fluidos

El flujo y su descripción matemática. Leyes de conservación. La ecuación de continuidad. La ecuación de momentum. La ecuación de energía. Tensiones viscosas. Las ecuaciones de Navier-Stokes. Simplificaciones de las ecuaciones de Navier-Stokes. Turbulencia. Modelos de turbulencia. Ecuaciones de Navier-Stokes promediadas según Reynolds (RANS). Viscosidad de torbellino. Modelo κ - ϵ . Simulación de Grandes Vórtices (LES).



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

OpenFOAM

Introducción a OpenFOAM como herramienta de simulación numérica de dinámica de fluidos computacional (CFD). Estructura y funcionamiento de OpenFOAM. Solucionadores. Malladores. Postprocesamiento. Exploración de modelos físicos como turbulencia, transferencia de calor y reacciones químicas. Aplicación de OpenFOAM en problemas de flujo en tuberías, aerodinámica, transferencia de calor y mezcla de fluidos. Uso de preprocesadores para generación de mallas y configuración de simulaciones. Análisis de resultados y visualización de datos utilizando herramientas de postprocesamiento.

Caso de aplicación

El programa FreeCAD. El workbench CFD-OF. Generación del dominio geométrico con FreeCAD. Definición del modelo CFD con CFD-OF. Malladores. Condiciones iniciales y de contorno. El modelo SimpleFOAM. Parámetros de la simulación. Ejecución de OpenFOAM. Visualización de resultados con ParaView.

○ SEMINARIO INTEGRADOR

Objetivos

Introducir al alumno en la organización de su Trabajo Final de Especialización.

Presentar los lineamientos de los contenidos mínimos que debe tener el Trabajo Final de Especialización.

Establecer el rol del Director de Trabajo Final de Especialización.

Informar al alumno sobre cómo divulgar eficientemente o proteger su producción técnica y científica.

Brindar al alumno los rudimentos de la Metodología de la Investigación Científica.

Realizar un seguimiento del desarrollo del Trabajo Final de Especialización.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Contenidos mínimos

El Trabajo Final de Especialización y su documentación

Metas esperadas para la Especialización en comparación con Maestría y Doctorado. Tipologías del Trabajo Final de Especialización. El rol del Director. Organización de la información. Consulta bibliográfica y enciclopédica. Consulta de artículos científicos relacionados en Biblioteca Nacional Virtual de Ciencia y Tecnología. Formato y estructura de la presentación escrita del Trabajo Final de Especialización. Revisión del Reglamento de Trabajo Final de Especialización. Modalidad de exposición.

Metodología de la Investigación Científica

El conocimiento científico. Exigencias de universalidad y constatación empírica. Investigación científica e innovación tecnológica. Diseño y organización de un proyecto de investigación: problema, marco teórico, hipótesis de trabajo, metodología. Variables, dimensiones, parámetros o indicadores. Instrumentos de recolección de datos. Comunicaciones y presentaciones, orales y escritas, de los resultados de la investigación. Selección de la problemática de trabajo: su formulación y recorte. Diferentes tipos de trabajos científicos: monografías, informes de investigación, tesis, tesinas. Partes de una tesis. La introducción. El cuerpo central. Las conclusiones. Los anexos. La bibliografía. Normas estándares para efectuar citas bibliográficas. Diferentes tipos de citas: conceptual, literal, mixta. Herramientas para la redacción de textos técnico-científicos.

Espacios curriculares optativos

- *SENSORES REMOTOS E IMÁGENES SATELITALES*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera los fundamentos del Sensoramiento Remoto, y la habilidad de procesar y analizar automáticamente imágenes satelitales



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

mediante la librería Orfeo ToolBox implementada sobre QGIS.

Contenidos mínimos

Sensores remotos

Conceptos teóricos básicos de la teledetección. Plataformas satelitales. Sensores. Productos. Imágenes ópticas de banda ancha. Imágenes térmicas. Imágenes multiespectrales, superespectrales e hiperespectrales. Componentes principales. Imágenes de radar, Otros sistemas sensores. Alta resolución. LiDAR. Imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica.

Procesamiento digital de imágenes

Corrección radiométrica y geométrica de imágenes satelitales. Mejoras en la calidad de las imágenes mediante calibración y corrección atmosférica. Interpretación y análisis de firmas espectrales. Aplicación de índices espectrales para el estudio de vegetación, suelos, agua, entre otros. Clasificación de Imágenes. Métodos de clasificación supervisada y no supervisada. Estudio de cambios en el tiempo mediante series temporales de imágenes. Detección de cambios en uso del suelo, cobertura vegetal, cuerpos de agua, entre otros.

Orfeo Toolbox

La librería Orfeo ToolBox (OTB). Instalación. Activación de OTB en QGIS. Representación de datos. Leyendo y escribiendo imágenes. Filtrado. Ortorrectificación y proyecciones. Radiometría. Fusión de imágenes. Extracción de entidades. Segmentación de imágenes. Clasificación supervisada y no supervisada. Detección de cambios. Desarrollo de ejemplos de aplicación.

○ *MODELOS HIDROLÓGICOS DISTRIBUIDOS PARA SIMULACIÓN DE EVENTOS*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

hidrológicos distribuidos para la simulación de eventos a través de diversas herramientas de software.

Contenidos mínimos

Fundamentos de la Hidrología Distribuida

El porqué de la modelización hidrológica distribuida. Representación del modelo distribuido. Analogía matemática. Estructuras y fuentes de datos SIG. Generación de superficie. Resolución espacial y contenido de la información. Procesos de escorrentía. Rugosidad hidráulica. Redes de drenaje y resolución. Precipitación espacialmente variable. Formulación del modelo hidrológico distribuido. Calibración del modelo distribuido.

SIMWE

El modelo SIMWE. Ecuaciones gobernantes. Datos de entrada. Procesos simulados. Limitaciones. Implementación.

TOPMODEL

El modelo TOPMODEL. Ecuaciones gobernantes. Datos de entrada. Procesos simulados. Limitaciones. Implementación.

○ *TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON HEC – RAS*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera la habilidad de implementar modelos de simulación, tanto unidimensionales como bidimensionales, de los procesos de erosión, transporte y sedimentación en cauces naturales mediante la herramienta de software HEC-RAS.

Contenidos mínimos

Elementos de Hidráulica de transporte de Sedimentos

Consideraciones preliminares. Sedimentos. Propiedades. Granulometría. Condiciones



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

críticas para la iniciación del movimiento. Formas de fondo. Capacidad de transporte. Transporte de fondo y en suspensión. Ecuaciones. Sedimentación. Ecuación de Exner. Transporte de sedimentos 1D de HEC-RAS Algoritmos y ecuaciones implementadas. Datos requeridos. Distribuciones granulométricas. La hipótesis de flujo cuasi-inestacionario. Transporte cohesivo.

Transporte de sedimentos 2D de HEC-RAS

Ecuaciones de capacidad de transporte en dos dimensiones. Datos de entrada. Consideraciones para el mallado en modelos sedimentológicos. Detección de errores. Inicialización del modelo. Opciones y parámetros sedimentológicos 2D. Visualización de resultados.

○ *INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LAS CIENCIAS DEL AGUA*

Objetivos

Que el estudiante, al finalizar el curso, adquiera habilidades para utilizar técnicas de IA para la solución de problemas asociados con las ciencias del agua, utilizando el lenguaje Python y el software QGIS.

Contenidos mínimos

Introducción al Machine Learning

Caracterización de la inteligencia artificial fuerte y débil. Usos y posibilidades. Inteligencia artificial generativa, evolución y usos.

Tipos de aprendizaje

Aprendizaje supervisado. Aprendizaje no supervisado. Aprendizaje por refuerzo.

Caracterización de sistemas de aprendizaje automático

Clasificación de los sistemas de aprendizaje automáticos. Principales técnicas, características y aplicaciones. Razonamiento basado en casos (redes neuronales



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

artificiales). Aprendizaje evolutivo (algoritmos genéticos). Aprendizaje inductivo (árboles de búsqueda). Algoritmos aplicados al aprendizaje automático, según el objetivo del problema: Algoritmos de regresión: Regresión lineal, múltiple; Algoritmos de clasificación: Análisis de discriminante, vecinos más próximos, árboles de decisión, Support Vector Machine, Clasificador Naive Bayes, regresión logística, random forest; Algoritmos de detección de anomalías: métodos basados en LOF, COF, CBLOF. Isolated forest, métodos estadísticos tales como componentes principales o anomalías basadas en histogramas.

Clustering: Análisis jerárquico, k-means. Principales técnicas basados en identificación de patrones y toma de decisiones: Etapas de resolución del problema.

IA en GIS

Ventajas, desventajas y aplicaciones de inteligencia artificial en los sistemas de información geográfica. Principales técnicas y usos.
