

MODELACIÓN DE HIDROSISTEMAS – ICYA 4715

Programa del curso

Horario de clase: lunes y miércoles 5:00 p.m. – 6:20 p.m.

Salón: Edificio J.M. Santo Domingo (SD), 307

Profesor: Juan Sebastián Hernández Suárez

Oficina: ML714; Tel: 3394949 Ext. 1685

Correo electrónico: js.hernandezs@uniandes.edu.co

Horario de atención a estudiantes: cita previa por correo electrónico

1. Descripción del curso

La toma de decisiones informada para el manejo sostenible del agua, la evaluación de alternativas de diseño de ingeniería y el desarrollo de infraestructura y de políticas públicas requieren el uso de modelos computacionales. Dichos modelos suelen evaluar alternativas de decisión de acuerdo con métricas de desempeño en términos de confiabilidad, acceso, costos, producción (bienes y servicios, energía, alimentos), equidad, sostenibilidad y servicios ecosistémicos, en diversos contextos institucionales, ambientales y sociales. Por ello, la formulación, preparación, aplicación y actualización de estos modelos deben seguir un protocolo riguroso que resulte en herramientas robustas y confiables.

En este curso, se hace una aproximación inicial a los métodos computacionales que conforman la base para la simulación de hidrosistemas, lo cual incluye métodos numéricos tradicionales y técnicas de aprendizaje automático. También se presentan aproximaciones que permiten evaluar el desempeño, sensibilidad, incertidumbre y confiabilidad de modelos matemáticos. En conjunto, el contenido del curso busca que el/la estudiante conozca y aplique protocolos rigurosos de modelación matemática y que identifique las limitaciones de los procesos de modelación para fomentar el uso responsable y transparente de estas herramientas en proyectos de ingeniería. Las áreas de aplicación que se trabajarán en el curso incluyen la simulación de embalses, sistemas de drenaje naturales y urbanos, hidrología de cuencas, sistemas de distribución de agua, aguas subterráneas, control de inundaciones y sistemas socioambientales complejos. Se enfatiza la formulación de modelos conceptuales y el uso de herramientas de programación y software disponible.

2. Objetivos de aprendizaje

Al concluir el curso, el/la estudiante estará capacitado(a) para:

- Formular modelos conceptuales e identificar, plantear y resolver numéricamente ecuaciones que representan el comportamiento de diferentes tipos de hidrosistemas.
- Implementar flujos de trabajo para entrenar, validar y aplicar modelos basados en aprendizaje automático para simular procesos de interés en hidrosistemas.
- Entender en qué consiste el problema inverso y aplicar técnicas de estimación de parámetros, análisis de sensibilidad y propagación de incertidumbre.
- Implementar protocolos robustos, transparentes y confiables de modelación matemática requeridos en procesos de toma de decisiones para la gestión del agua y proyectos de recursos hídricos.

3. Metodología

El curso se desarrollará teniendo en cuenta diferentes aspectos pedagógicos como son:

- Clases magistrales presenciales, en donde el profesor ampliará la presentación de contenidos previamente suministrados en Bloque Neón, enfatizando la resolución de problemas y ejercicios.
- Trabajo fuera de clase, ya sea individual o por grupos, por parte de los estudiantes.
- Discusión en clase de artículos de investigación sobre temas recientes relacionados con la modelación de hidrosistemas.

Lenguaje de programación: Los materiales de este curso estarán basados principalmente en Matlab y Python, y se ofrecerá soporte en estos lenguajes. Sin embargo, el estudiante es libre de trabajar con cualquier lenguaje de programación que desee.

4. Contenido

SEMANA	FECHA		MAGISTRAL	TAREA
1	Enero	Lunes	19	Tarea 0: Tutorial Python, infografía Estudio Nacional del Agua
		Miércoles	21	
2		Lunes	26	
		Miércoles	28	
3	Febrero	Lunes	2	Tarea 1: Métodos numéricos básicos aplicados a problemas de hidráulica y contaminantes en el agua
		Miércoles	4	
4		Lunes	9	
		Miércoles	11	
5		Lunes	16	
		Miércoles	18	
6		Lunes	23	
		Miércoles	25	
7	Marzo	Lunes	2	Tarea 2: Modelación hidráulica y solución numérica de PDE
		Miércoles	4	
8		Lunes	9	Tarea 3: Machine Learning aplicado a modelación de sistemas hidrológicos
		Miércoles	11	
		Lunes	16	Semana de receso (16 al 21 de marzo)
		Miércoles	18	
		Lunes	23	No hay clase
9		Miércoles	25	Examen de mitad de periodo
		Viernes	27	Reporte 30%
		Lunes	30	Semana Santa (30 de marzo al 3 de abril)
	Abril	Miércoles	1	

SEMANA	FECHA		MAGISTRAL	TAREA
10	Lunes	6	Aprendizaje automático físicamente basado, diferenciación automática	Tarea 4: Ejercicios de probabilidad y estadística
11	Miércoles	8	Fundamentos de probabilidad, procesos estocásticos y estadística	
	Lunes	13		
	Miércoles	15	Análisis de sensibilidad	
	Viernes	17	Límite retiro de clases	
12	Lunes	20	Estimación de parámetros: generalidades, simulaciones de Monte Carlo	Proyecto Final (Entrega 1): Desarrollo modelo conceptual, análisis de sensibilidad, aplicación metodología GLUE
13	Miércoles	22		
	Lunes	27	Técnicas frecuentistas de estimación de parámetros	
	Miércoles	29		
14	Lunes	4	Técnicas bayesianas de estimación de parámetros	Proyecto Final (Entrega 2): Estimación de parámetros: técnicas frecuentista y Bayesiana, propagación de incertidumbre, análisis de escenarios
	Miércoles	6		
15	Lunes	11		
16	Miércoles	13	Propagación de incertidumbre	
	Lunes	18	No hay clase	
	Miércoles	20	Examen Final	
Los libros de referencia están disponibles en la biblioteca del ML				

5. Referencias

1. Chapra, S.C., 2022. *Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists* (5th Ed.). McGraw-Hill.
2. Chow, V.T., Maidment, D. R., Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*, McGraw-Hill.
3. Diaz-Granados, M.A., 2023. *Hidrología: Una Síntesis Probabilística*.
4. Jain, S.K., Singh, V.P., 2019. *Engineering hydrology: an introduction to processes, analysis, and modeling*. McGraw-Hill.
5. Jayawardena, A.W., 2014. *Environmental and hydrological systems modelling*. CRC Press.
6. Loucks, D.P., Van Beek, E., 2017. *Water Resource Systems Planning and Management*, Springer
7. Mays, L., Tung, Y-K., 1992. *Hydrosystems Engineering and Management*. McGraw-Hill.
8. Singh, V.P., 2015. *Handbook of Applied Hydrology* (2nd Ed.). McGraw-Hill
9. Smith, R.C., 2013. *Uncertainty quantification: theory, implementation, and applications*. Siam.
10. Sturm, T. W. 2021. *Open Channel Hydraulics* (3rd Ed.). McGraw Hill.
11. Tung, Y-K., Yen, B-C., 2005. *Hydrosystems Engineering Uncertainty Analysis*. McGraw-Hill.

6. Evaluación

Dos exámenes (20-25%), tareas y ejercicios (25%), proyecto final (20%), quices y participación en clase (10%)

Tareas, ejercicios y proyecto final: El curso tendrá un componente importante de trabajos en grupo y ejercicios en clase o en casa. A menos que haya una extensión autorizada en el tiempo de entrega, se

descontará el 20% de calificación por cada día posterior a la fecha máxima. Todos los trabajos deben entregarse por Bloque Neón según la fecha asignada.

Aproximación de notas: la nota definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si la nota final es 3.6783, la nota definitiva será 3.68; si la nota final es 3.6743, la nota definitiva será 3.67).

Excusas: se recibirán excusas de acuerdo con los artículos 45 del Reglamento General de Estudiantes de Pregrado, 42 del Reglamento General de Estudiantes de Especialización, 45 del Reglamento General de Estudiantes de Maestría y 56 del Reglamento General de Estudiantes de Doctorado. Allí se establece que el estudiante que desee justificar su ausencia, deberá hacerlo dentro de los tres (3) días calendario siguientes a la fecha de la actividad académica, además solo serán válidas excusas médicas emitidas por instituciones, centros o empresas prestadoras de servicios de salud, entre otras consideraciones.

Retiro de clases: los estudiantes tendrán hasta la semana 11 de clases para retirar el curso. Esto corresponde a 2 semanas después de la entrega de las notas parciales en Banner (mínimo 30%).

La nota mínima aprobatoria del curso será 3.0.

7. Ajustes razonables

En este curso se tendrá en cuenta la política de *ajustes razonables* a las que hace referencia el Consejo Académico de la Universidad. Estos se entienden como todas las acciones, estrategias, apoyos, recursos y adaptaciones empleadas para garantizar a las y los estudiantes que tienen una discapacidad o condición médica especial su participación, desarrollo y aprendizaje en educación superior, favoreciendo la equiparación de oportunidades y garantía de sus derechos. Estos ajustes tienen el objetivo de eliminar las posibles barreras visibles o invisibles, que impidan el pleno goce del derecho a la educación. Estos son *ajustes* porque se adaptan a la condición específica de cada estudiante, y *razonables* porque no imponen una carga desproporcionada o indebida a la Universidad. La Decanatura de Estudiantes es la unidad que acompaña a los estudiantes en la identificación e implementación de este tipo de ajustes.

8. Protocolo MAAD

El miembro de la comunidad que sea sujeto, presencie o tenga conocimiento de una conducta de maltrato, acoso, amenaza, discriminación, violencia sexual o de género (MAAD) deberá poner el caso en conocimiento de la Universidad. Ello, con el propósito de que se puedan tomar acciones institucionales para darle manejo al caso, a la luz de lo previsto en el protocolo, velando por el bienestar de las personas afectadas.

Para poner en conocimiento el caso y recibir apoyo, usted puede contactar a:

- ✓ Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
- ✓ Ombudsperson: ombudsperson@uniandes.edu.co
- ✓ Decanatura de Estudiantes: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
- ✓ Red de Estudiantes – PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) paca@uniandes.edu.co
- ✓ Consejo Estudiantil Uniandino (CEU): comiteacosoceu@uniandes.edu.co