

MODELACIÓN DE PROCESOS Y SISTEMAS AMBIENTALES

ICYA 4102

Programa del Curso

Primer Semestre de 2025-I

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML776, Tel: 3394949 Extensión 1731

Teléfono celular 3104764861

Correo electrónico: la.camacho@uniandes.edu.co

Horario Atención Estudiantes: Miércoles 10:00 am - 12:00 pm

Clase Magistral Lunes y Miércoles 8:00 am – 9:20 am

El objetivo general del curso es lograr la familiarización del estudiante con procesos de transporte y transformaciones bioquímicas de contaminantes en el medio ambiente y modelos de sistemas ambientales. Al final del curso el estudiante estará en capacidad de:

- Reconocer y aplicar en forma rigurosa el marco de modelación matemática de procesos de transporte y reacciones en Ingeniería Ambiental.
- Formular y plantear ecuaciones y modelos matemáticos de procesos de transporte y reacción o transformación de determinantes o contaminantes en los diferentes medios y en sus interfaces, *i.e.* agua-aire-suelo, y solucionar las ecuaciones gobernantes mediante métodos analíticos o numéricos.
- Reconocer la importancia de contar con metodologías, protocolos, equipos y estaciones de medición de determinantes de calidad del agua y el aire específicas para la toma de datos de calibración y verificación de modelos de calidad del agua, de aire y el flujo en medios porosos y agua subterránea a nivel de cuenca, acuíferos, ríos, lagos y embalses, y la atmósfera.
- Diseñar y conducir experimentos relacionados con la toma de datos útiles para la calibración de modelos de procesos de transporte y transformaciones de los contaminantes en el medio ambiente.
- Reconocer la utilidad y aplicar modelos matemáticos como herramientas de simulación, planificación, diseño, manejo y control ambiental de sistemas ambientales a nivel de cuenca hidrográfica, aguas superficiales continentales, aguas subterráneas, y ecosistemas de humedales y lagos.

Metodología

El curso se basará en lecturas previas y explicaciones magistrales del material repartido con anterioridad a las clases, lecturas posteriores y solución de problemas en clase y fuera de ella. El curso tendrá un alto contenido de laboratorios computacionales guiados, ejercicios y tareas que buscarán la familiarización del estudiante con el marco de modelación y herramientas modernas de simulación y modelos de los procesos y sistemas ambientales bajo estudio. El curso tendrá una salida de campo opcional (no obligatoria) para la toma de datos en un sistema en el cual se realizará un ejercicio completo de modelación ambiental.

Referencias

- Ramaswami, A., Milford, A., Small, M. (2005) Integrated environmental modelling, John Wiley & Sons, Inc.
- Wainwright J., Mulligan, M., (2004) Environmental modelling – Finding simplicity in complexity, John Wiley & Sons, Inc.
- Chapra, S. C. (1997). Surface water quality modelling, Ed. McGraw-Hill, 1ª Ed., Nueva York
- Chapra, S.C. y Pellieter, G., (2003) Qual2k Documentation Manual, EPA.
- Martin, J., McCutcheon (1999) Hydrodynamics and transport for water quality modelling, Lewis, New York.
- Thibodeaux, L. J. (1996) Environmental chemodynamics, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York.
- James, A., (1993) An Introduction to water quality modelling, John Wiley & Sons, Chichester
- Kadlec, R. H., Knight, R. (1996) Treatment Wetlands, CRC Press LLC, Lewis Publishers, Boca Ratón.
- Thomann, R. V. and Mueller, J. A. (1987). Principles of surface water quality modelling and control, Ed. Harper and Row, 1ª Ed., Nueva York.
- Levenspiel O. (1972) Chemical reaction engineering, 2a Ed., John Wiley & Sons, Nueva York
- Chapman, D. (1992). Water quality assessments, Ed. E & FN Spon, UNESCO/WHO/UNEP Londres.
- Bartram, J., and Ballance, R. (1996). Water quality monitoring, Ed. E & FN Spon, UNESCO/WHO/UNEP Londres.
- Rutherford, J. C. (1994). River mixing, Ed. John Wiley & Sons, Chichester
- Salazar, A. (1996). Contaminación de Recursos Hídricos – Modelos y Control, AINSA, 2a. Edición, Medellín
- Weiming W. (2008) Computational River Dynamics, Talor & Francis, London
- Zhen-Gang, J. (2008) Hydrodynamics and Water Quality, Wiley, New Jersey.
- Stull, R. B. (2000) Meteorology for Scientists and Engineers, Brooks/Cole, 2a. Edición, Estados Unidos
- Karamouz, M., Ahmadi, A., Akhbari, M., (2011) Groundwater Hydrology, Engineering, Planning and Management, CRC Press Taylor & Francis Group, 1a. Edición, Boca Ratón.
- Benedini, M., Tsakiris, G., (2013) Water quality modelling for rivers and streams, Springer, Dordrecht
- Tchobanoglous, G., Schroeder E., D. (1987) Water quality – Characteristics, Modelling, Modification, Addison Wesley Longman, Reading
- Mays, L. (2008) Ground and Surface Water Hydrology, John Wiley & Sons, Inc.

Journals

Water Resources Research, AGU; Journal of Hydrology, Elsevier; Journals de la ASCE., e.g. Journal of Environmental Engineering, Earth System Sciences, Water Science and Technology, IAWQ, Environmental Fluid Mechanics (Springer), Environmental Modelling & Software (Elsevier).

Sistema de Evaluación

Examen Parcial: 30%

Laboratorios computacionales individuales y en grupo, 30%

Ejercicios y tareas individuales, 12%

Proyecto grupal (Tres entregas y sustentación) 28%

Examen (30%): evaluará el aprendizaje, alcance de metas y habilidades de modelación mediante ejercicios de planteamiento de ecuaciones gobernantes y/o implementación y solución de modelos ambientales. El examen contendrá la evaluación de conceptos y el control de lecturas mediante preguntas de selección múltiple, y contendrá 1 ejercicio de planteamiento y/o implementación de modelos y su solución mediante un modelo en Matlab o Excel. El examen se realizará presencialmente conforme a las instrucciones del profesor.

Laboratorios computacionales, tareas (42%): El curso tendrá un componente importante de ejercicios y laboratorios computacionales individuales que **deben entregarse únicamente a través de la plataforma Bloque Neón**. Después de la clase donde se desarrollan los laboratorios o ejercicios, o después de la fecha acordada de entrega, se recibirán máximo en la siguiente semana y se calificarán sobre 4.0. Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc o Matlab.

Proyecto del curso (28%) En el curso se desarrollará adicionalmente un proyecto de modelación de un sistema ambiental en forma grupal. Como parte de dicho proyecto se realizarán 2 entregas de informes parciales calificables (16%), un informe final de ingeniería (10%) el cual deberá sustentarse oralmente al profesor (2%). Después de la fecha acordada se recibirán entregas de proyectos máximo con una semana de retraso y se calificarán sobre 4.0. Para la sustentación deberá solicitarse por parte del grupo una cita por escrito al profesor en las fechas establecidas para la misma. La no asistencia de un integrante a la sustentación se calificará con nota de 0.0 a esta persona.

Control de ejercicios y lecturas: durante el desarrollo del curso se dejarán lecturas evaluables en los exámenes mediante preguntas abiertas o de selección múltiples

Material de clases: en Bloque Neón estarán disponibles las presentaciones de clase en formato pdf. Éstas son para uso exclusivo de los estudiantes del curso. En Bloque Neón habrá material de soporte adicional.

Aproximación notas: la Nota Definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si la 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). La nota mínima aprobatoria será 3.00. Excusas: se recibirán excusas por inasistencia a los exámenes parciales de acuerdo con el artículo 43 del RGEPr las cuales deberán ser entregadas a la secretaria de la coordinación del Departamento y al profesor para su verificación y aprobación.

Otra habilidad esperada en el curso es la de programar las soluciones de los problemas utilizando Excel o Matlab y Simulink y aplicación de modelos de uso libre de calidad del agua.

Inasistencia a clase o a pruebas académicas o exámenes por motivos especiales: los artículos de los reglamentos generales de estudiantes de pregrado, maestría, especialización y doctorado correspondientes a la justificación de ausencias por parte de los estudiantes fueron recientemente modificados. Anteriormente, los estudiantes tenían 8 días hábiles para justificar una ausencia, mientras que ahora tendrán 3 días calendario. Además, solo serán válidas excusas médicas emitidas por instituciones, centros o empresas prestadoras de servicios de salud. Pueden revisar el ART.45 del reglamento de pregrado y el acuerdo 529 sobre este cambio, el cual es válido a partir de este semestre.

Retiros de clases: el Consejo Académico, en su sesión del 25 de mayo de 2023, aprobó ajustar las fechas límite de retiros de cursos. A partir de este semestre, los estudiantes tendrán hasta la semana 11 de clases para retirar los cursos de 16 semanas. Esto corresponde a 2 semanas después de la entrega de las notas parciales en Banner (mínimo 30%) para los cursos de 16 semanas. Pueden revisar las fechas de retiros de este semestre en el calendario académico de la universidad.

Política de momentos difíciles: desde el semestre 2022-2 no es necesario incluir en los programas de sus cursos la política de momentos difíciles. Pueden revisar el artículo 45 de los reglamentos generales de estudiantes, donde se enumeran las excusas válidas y los tiempos para justificar las ausencias.

Ajustes razonables: en la Universidad de los Andes se entienden los ajustes razonables 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. Vale la pena destacar que los ajustes razonables no son “momentos difíciles”.

Si usted lo considera necesario o importante, siéntase en libertad de informarme a mí como su profesor lo antes posible si existe, o se presenta en el desarrollo del curso, alguna barrera o dificultad, y si requiere de algún tipo de ajuste razonable para estar en igualdad de condiciones con los y las demás estudiantes. En ese caso envíeme un correo a la.camacho@uniandes.edu.co ó por favor solicítame una cita para reunirnos.

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:

1. Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
2. Ombudsperson: ombudsperson@uniandes.edu.co
3. Decanatura de Estudiantes: Correo: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
4. Red de Estudiantes:
 - PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) paca@uniandes.edu.co -
5. Consejo Estudiantil Uniandino(CEU) comiteacosoceu@uniandes.edu.co

MODELACIÓN PROCESOS Y SISTEMAS AMBIENTALES - PROGRAMA DETALLADO CLASES MAGISTRALES

Sem	Día	Fecha	Sesión	Tema	Observación
1	Lunes	20-Jan	0		Lectura 1
	Miércoles	22-Jan	1	Introducción al curso. Protocolos de modelación ambiental y de calibración de modelos. Contaminantes en el ambiente. Determinantes convencionales y sustancias tóxicas. Introducción a	Lectura 2
2	Lunes	27-Jan	2	Introducción a la modelación, transporte, y transformación de contaminantes en el ambiente. Reactores bien mezclados, ríos, embalses, humedales, aguas subterráneas. Proyecto del curso	Lectura 3
	Miércoles	29-Jan	3	Fundamentos de modelación. Conservación de la masa e introducción a la cinética de reacciones de orden n. Balance de masa en un reactor bien mezclado.	Ejercicio 1
3	Lunes	3-Feb	4	Soluciones a las ecuaciones diferenciales simples y acopladas de un reactor bien mezclado y de reactores en serie CSTRs o CIS. Métodos numéricos de Euler, Heun y Runge-Kutta.	
	Miércoles	5-Feb	5	Laboratorio computacional solución ODEs en MATLAB y SIMULINK. Simulación y calibración. MATLAB con la herramienta Monte Carlo Analysis Toolbox (MCAT-GLUE)	Laboratorio 1
4	Lunes	10-Feb	6	Procesos de transporte de solutos: Advección, Difusión, Dispersión longitudinal y transversal. Experimentos con trazadores	Lectura 4
	Miércoles	12-Feb	7	Modelos de transporte de solutos. Modelo ADE 1D, 2D, 3D y ADE-R. Métodos analíticos de solución de la ecuación ADE-R.	Ejercicio 2
5	Lunes	17-Feb	8	Modelos alternativos de transporte de solutos. Modelo OTIS	Lectura 5
	Miércoles	19-Feb	9	Laboratorio computacional modelo de Transporte de solutos. Simulación y Calibración.	Laboratorio 2
6	Lunes	24-Feb	10	Procesos de reacción y transformación de contaminantes. Reacciones de decaimiento natural y sedimentación. Organismos patógenos y sólidos suspendidos	Ejercicio 3
	Miércoles	26-Feb	11	Transferencia aire-agua: Saturación, volatilización y reaeración oxígeno disuelto. Transferencia de gases interfase agua - aire / Salida de Campo opcional Sábado 1 de Marzo	Ejercicio 4
7	Lunes	3-Mar	12	Oxidación aerobia y anaerobia de materia orgánica.	Ejercicio 5
	Miércoles	5-Mar	13	Amonificación, nitrificación, des-nitrificación, hidrólisis de fósforo, interacciones agua sedimento	Ejercicio 6
8	Lunes	10-Mar	14	Asimilación de nutrientes y crecimiento de plantas acuáticas. Intro.cadenas alimenticias.	Ejercicio 7 - Lectura 7
	Miércoles	12-Mar	15	Examen Parcial 1 (30%) Clases 1 – 14	
	Lunes	17-Mar	SEMANA DE RECESO		
	Miércoles	19-Mar			
	Lunes	24-Mar	Lunes festivo		
	Miércoles	26-Mar	16	Laboratorio de simulación / calibración de calidad del agua QUAL2Kw. Entrega 1 del proyecto	Laboratorio 3
9	Lunes	31-Mar	17	Laboratorio de simulación de calidad del agua WASP 8	Laboratorio 4
	Miércoles	2-Apr	18	Lake2K. Introducción a modelos de lagos	Laboratorio 5
10	Lunes	7-Apr	19	Modelación de sustancias tóxicas. I. Adsorción	Ejercicio 8
	Miércoles	9-Apr	20	II. Volatilización. III. Fotólisis, y bio-transformación materia orgánica	Ejercicio 9
11	Lunes	14-Apr	Semana Santa		
	Miércoles	16-Apr			
12	Lunes	21-Apr	21	Laboratorio de simulación de sustancias tóxicas WASP. Tóxicos orgánicos (BETEX)	Laboratorio 6
	Miércoles	23-Apr	22	IV. Modelación de equilibrio Químico- Modelación de pH.	Ejercicio 10
13	Lunes	28-Apr	23	Laboratorio visual MINTEQ - especiación de metales Cromo, Mercurio, Hierro	Laboratorio 7
	Miércoles	30-Apr	24	Introducción a modelación de sustancias tóxicas - metales pesados	Lectura 8
14	Lunes	5-May	25	Laboratorio de simulación de sustancias tóxicas WASP. Metales (Hg), Entrega 2 del proyecto	Laboratorio 8
	Miércoles	7-May	26	Introducción modelos agregados de calidad del agua. Modelo MDLC-ADZ_QUASAR	Lectura 9
15	Lunes	12-May	27	Laboratorio modelo dinámico ríos urbanos MODRUB - MATLAB	Laboratorio 9
	Miércoles	14-May	28	Laboratorio modelo de calidad del agua sistema río - ciénaga - SIMULINK	Laboratorio 10
16	Lunes	19-May	29	Modelación del transporte de contaminantes en suelo ADE-R-AD	Ejercicio 11
	Miércoles	21-May	30	Modelación de la calidad del agua subterránea. Laboratorio aplicaciones de patógenos en RBF	Ejercicio 12
			No hay examen final. Entrega final del proyecto y sustentación entre Mayo 26 y Junio 5		

NOTA: Cada estudiante es responsable de la preparación de la clase correspondiente mediante la lectura del material respectivo del texto, de otros libros pertinentes y de material puesto en Bloque Neón. La entrega de proyecto final y la sustentación se realizará entre **Mayo 26 y Junio 5**. Para programar la sustentación por favor solicitar cita al profesor después de entregar el informe de ingeniería del proyecto final del curso.