

Flujo y Contaminación de Aguas Subterráneas**ICYA-4716****Segundo Semestre 2025**

Profesor: Alejandro Bravo Hermida, M. Eng.
Horario de atención: Solicitar cita al correo electrónico a.bravo180@uniandes.edu.co o al celular 314 341 1127

Objetivo:

Llevar a los estudiantes a entender las características generales de los sistemas hidrogeológicos, los principios que gobiernan el flujo del agua subterránea a través de medios porosos, los modelos empleados para el aprovechamiento de la misma y mecanismos de transporte de contaminantes y la metodología de evaluación, análisis y selección de acciones correctivas para eliminar o controlar la contaminación en este medio. Ello incluirá desarrollar la capacidad de analizar los datos de campo obtenidas mediante distintas metodologías y la aplicación de modelos analíticos y numéricos.

Metodología:

Se llevarán a cabo clases presenciales en las cuales se expondrán los conceptos teóricos relacionados con los temas mencionados anteriormente y en estas se desarrollarán ejercicios y talleres. Se pretende guiar al estudiante en los ejercicios para ayudar al entendimiento de los temas tratados, a la vez que se le incentiva a desarrollar capacidad de análisis y pensamiento crítico. Al final del curso, el día asignado para el examen final, los estudiantes deberán entregar un trabajo que integre los temas tratados durante el curso. También se realizará una salida de campo en la cual los estudiantes podrán poner en práctica los temas aprendidos en el curso.

Reglas del curso:

Se espera que el estudiante ya tenga una disciplina de estudio y sea responsable de sus deberes. En ese sentido, se espera que el estudiante asista a las clases y desarrolle los talleres con total autonomía y diligencia. Cada estudiante tiene libertad de emplear las herramientas computacionales que conozca para elaborar sus trabajos, con excepción de los softwares especializados que necesariamente deberá utilizar según lo visto en clase

Se permite colaboración entre los estudiantes, pero no se aceptará que un estudiante copie lo que otro ha realizado. El estudiante debe pensar por sí mismo y elaborar los entregables por su cuenta.

Los estudiantes deben asistir a todas las clases y llegar puntuales. Durante las clases no se permite hablar por celular. Los celulares deberán estar en silencio. Se promoverá la participación en clase; durante la clase pueden darse bonos en nota por participar activamente.

Talleres y Evaluación:

Se desarrollarán tres talleres a lo largo del curso:

- Taller 1: evaluará el entendimiento de las propiedades de los acuíferos y del flujo del agua subterránea. Peso: 20%.
- Taller 2: evaluará el entendimiento del análisis de datos provenientes de la ejecución de pruebas hidráulicas en pozos (pruebas de bombeo y pruebas slug). Se desarrollará en casa como tarea y se entregará durante la última clase. Peso: 25%.
- Taller 3: evaluará la capacidad adquirida para modelar un sistema hidrogeológico (planteamiento de un modelo hidrogeológico conceptual e implementación en un modelo numérico). Peso: 25%
- Taller 4: evaluará la aplicación de la metodología RBCA y el entendimiento del transporte de sustancias contaminantes, junto con la aplicación de los demás temas vistos en clase. Se entregará el día del examen final. Peso: 30%

Las calificaciones se asignarán de 1.50 a 5.00, donde 1.50 es la nota mínima, indicando un trabajo nulo, y 5.00 es la nota máxima, indicando un trabajo excelente.

Reclamos y Mejora de Notas:

Los estudiantes que tengan reclamos o dudas sobre talleres en que hayan recibido notas no satisfactorias, pueden manifestarlos al profesor. Se revisará y se evaluará el reclamo del estudiante, y se ajustará la nota de acuerdo con los conceptos vistos en clase, al igual que con la capacidad del estudiante de argumentar su trabajo. Los estudiantes que deseen mejorar sus notas pueden presentar trabajos adicionales. En caso de obtener notas bajas por no asistir a clase, se puede recuperar la nota, pero la recuperación se evaluará sobre 4.0.

Programa:

Semana	Clases	Temática
1	1-2	Introducción - Descripción del curso y reglas - Ciclo hidrológico - Tipos de unidades hidrogeológicas Conceptos fundamentales e hidráulica - Tipos de acuíferos - Energía - Propiedades hidráulicas de los acuíferos
2	3-4	Flujo en medios porosos - Ley de Darcy

Semana	Clases	Temática
		- Isotropía y homogeneidad - Patrones de flujo - piezometría (ejercicio en clase)
3	5-6	Metodologías de campo - Perforación e instalación de pozos - Medición de niveles - Pruebas hidráulicas en pozos (pruebas de bombeo y pruebas slug) Hidráulica de pozos - Estado estable en acuíferos confinados.
Taller 1 – entrega al inicio de la semana 4		
4	7-8	Hidráulica de pozos - Estado estable en acuíferos semi confinados y libres. - Estado transitorio en acuíferos confinados (solución de Theis, solución de Cooper-Jacob) - Estado transitorio en acuíferos semi confinados (solución de Hantush-Jacob)
5	9-10	Hidráulica de pozos - Estado transitorio en acuíferos libres (solución de Neuman) Análisis de datos de campo I - Ejercicio prueba de bombeo: superposición de gráficas
6	11-12	Análisis de datos de campo II - Ejercicio prueba de bombeo: Solución de Cooper & Jacob Análisis de datos de campo III - Ejercicio prueba Slug: método de Hvorslev - Ejercicio prueba Slug: método Bouwer & Rice
7	13-14	Hidráulica de pozos - Sistemas con múltiples pozos - Sistemas con barreras hidráulicas y recargas
Taller 2 – entrega al final de la semana 7		
8	15-16	Principios de modelación - Modelo hidrogeológico conceptual - Modelos matemáticos
9	17-18	Modelación numérica - Ejercicio en clase: modelación de flujo MODFLOW
10	19-20	Modelación numérica - continuación - Ejercicio en clase: modelación de flujo MODFLOW Contaminación del agua subterránea - introducción - Fuentes de contaminación - Tipos de contaminantes - Introducción a la metodología RBCA
11	21-22	Evaluación de pasivos ambientales - Metodología RBCA – conceptos esenciales - Modelo conceptual del Sitio - Metodologías de campo y técnicas de investigación
12	23-24	Evaluación de pasivos ambientales - continuación - Análisis de riesgos a la salud humana (nivel 1)
Taller 3 – entrega al final de la semana 12		

Semana	Clases	Temática
13	25-26	Evaluación de pasivos ambientales - continuación - Análisis de riesgos a la salud humana (nivel 2-3) - Ejercicio en clase: cálculo de concentraciones basadas en riesgo
14	27-28	Evaluación de pasivos ambientales - continuación - Ejercicio en clase: modelación de transporte de solutos (modelo analítico de Doménico en 3D) - Estimación del riesgo
15	29-30	Principios de remediación - Tecnologías de remediación - Proceso de evaluación y selección de tecnologías de remediación.
16	31	Remediación - continuación - Proceso de evaluación y selección de tecnologías de remediación.
	32	Repaso, ejercicios varios en clase y solución de dudas
Taller 4 – entrega en la fecha de exámenes finales		

Bibliografía recomendada:

Bear, Jacob. Dynamics of Fluids in Porous Media. New York: Dover, 1972. Print.

Bouwer, Herman. Groundwater Hydrology. McGraw-Hill, 1978. Print.

Di Molfetta, Antonio, and Sethi, Rajandrea, 2019. Groundwater Engineering. 1st ed. Cham: Springer Nature, 2019. Web.

Driscoll, Fletcher G. Groundwater and Wells. 2nd edition. St. Paul, Minnesota: Johnson Filtration Systems, 1986.

Fetter, Charles Willard. Applied Hydrogeology. Fourth edition. India: Pearson, 2014. Print.

Fitts, Charles R. Groundwater Science. Academic Press. Amsterdam, 2002. Print.

Freeze, R. Allan, and John A. Cherry. Groundwater. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979. Print.