

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

MODELACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

2024

8°, 9°, 10°

06

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Geofísica

Ingeniería Geofísica

División

Departamento

Carrera(s) en que se imparte

Asignatura:

Horas:

Total (horas):

Obligatoria ☐

Teóricas

Semana

Optativa ☒

Prácticas

16 Semanas

Modalidad: Curso

Aprobado:
Consejo Técnico de la Facultad

Fecha:
25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005

Consejo Académico del Área de las Ciencias
Físico Matemáticas y de las Ingenierías

12 de agosto de 2005

Seriación obligatoria antecedente: Ninguna

Seriación obligatoria consecuente: Ninguna

Objetivo(s) del curso:

Al final del curso el alumno tendrá el conocimiento y aplicará los modelos matemáticos de flujo hidráulico subterráneo y de transporte de contaminantes; además conocerá su importancia en la evaluación, cuantificación, monitoreo y procesos de contaminación, remediación y recarga de acuíferos.

Temario

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción	1.5
2.	Generalidades	4.5
3.	Modelado matemático de flujo y transporte de solutos en aguas subterráneas	6.0
4.	Metodología para implementar un modelo de flujo subterráneo	6.0
5.	Modelos de flujo en sistemas de aguas subterráneas	6.0
6.	Modelos de transporte de solutos	12.0
7.	Manejo del recurso agua con apoyo de los modelos	12.0
	Total	48.0



1 Introducción

Objetivo: El alumno conocerá los lineamientos del curso: objetivo, desarrollo, metodología, evaluación, antecedentes académicos y el programa de la asignatura

Contenido:

- 1.1 Objetivo del curso
- 1.2 Antecedentes académicos necesarios
- 1.3 Desarrollo del curso
- 1.4 Programa de la asignatura
- 1.5 Evaluación.

2 Generalidades

Objetivo: El alumno conocerá la importancia y tipos de modelos que se ocupan en el agua subterránea.

Contenido:

- 2.1 Importancia del modelado en la hidrogeología.
- 2.2 Definición de modelo.
- 2.3 El papel de los modelos en el ciclo del monitoreo, cuantificación y contaminación de acuíferos.
- 2.4 Tipos de modelos.
 - 2.4.1 Físico.
 - 2.4.2 Analógico.
 - 2.4.3 Estadístico.

3 Modelado matemático de flujo y transporte de solutos en aguas subterráneas

Objetivo: El alumno entenderá la importancia que tiene el marco hidrogeológico de referencia, el cual deberá de ser traducido a un lenguaje matemático, así como los diferentes tipos de modelos que se usan actualmente.

Contenido:

- 3.1 Entendimiento conceptual del problema físico.
- 3.2 Traslado del sistema físico a un sistema matemático.
 - 3.2.1 Modelos determinísticos.
 - 3.2.2 Modelos estocásticos.
 - 3.2.3 Modelos de flujo y transporte en aguas subterráneas.

4 Metodología para implementar un modelo de flujo subterráneo

Objetivo: El alumno conocerá el procedimiento y la información necesaria para instrumentar un modelo matemático de flujo hidráulico subterráneo.

**Contenido:**

- 4.1 Elementos indispensables para la captura de la información.
 - 4.1.1 Zona saturada.
 - 4.1.2 Zona no saturada.
- 4.2 Elección del tipo de modelo.
- 4.3 Discretización espacial.
- 4.4 Discretización temporal.
- 4.5 Parametrización.
 - 4.5.1 Conductividad hidráulica.
 - 4.5.2 Coeficiente de almacenamiento.
 - 4.5.3 Condiciones iniciales.
 - 4.5.4 Condiciones frontera.
 - 4.5.5 Recarga.
 - 4.5.6 Retornos por riego.
 - 4.5.7 Retornos de aguas residuales.
- 4.6 Balance de aguas subterráneas.
 - 4.6.1 Área y periodos de balance.
 - 4.6.2 Entradas y salidas subterráneas.
 - 4.6.3 Extracción por bombeo.
 - 4.6.4 volumen drenado.
 - 4.6.5 Elementos de la ecuación de balance.
- 4.7 Calibración.
- 4.8 Validación del modelo.
- 4.9 Análisis sensitivo.

5 Modelos de flujo hidráulico subterráneo

Objetivo: El alumno entenderá la ecuación de flujo hidráulico subterráneo y la solución numérica por los métodos matemáticos que se utilizan hoy en día

Contenido:

- 5.1 Teoría del flujo del agua subterránea.
- 5.2 Ecuación de Laplace.
- 5.3 Método de diferencias finitas.
 - 5.3.1 Ecuaciones de flujo en diferencias finitas.
 - 5.3.2 Condiciones frontera.
 - 5.3.3 Flujo estacionario.
 - 5.3.4 Flujo transitorio en todos los tipos de acuífero (libre, confinado, semiconfinado).
 - 5.3.5 Ejemplo de aplicación.
- 5.4 Método del elemento finito.
 - 5.4.1 Ecuaciones de flujo en método del elemento finito.
 - 5.4.2 Condiciones frontera.
 - 5.4.3 Flujo estacionario.
 - 5.4.4 Flujo transitorio.
 - 5.4.5 Ejemplo de aplicación.
- 5.5 Método del elemento analítico.
 - 5.5.1 Ecuación de flujo bidimensional.
 - 5.5.2 Elementos comunes.



5.6 Modelos de flujo y de esfuerzo-deformación.

5.6.1 Simulación de rapidez de abatimiento del nivel de agua.

5.6.2 Simulación del hundimiento del terreno y simulación de la generación de fracturas hidrodinámicas.

5.7 Aplicación de software disponible.

6 Modelos de transporte de solutos

Objetivo: El alumno entenderá los mecanismos de transporte en el agua subterránea, comprenderá las ecuaciones que rigen la dispersión y difusión de los contaminantes en el agua. Aplicará la solución numérica de la ecuación de transporte, así como la información requerida para ser introducida en el modelo.

Contenido:

6.1 Dispersión y difusión, adsorción, decaimiento biológico y radiactivo.

6.2 Ecuaciones generales para solutos no reactivos.

6.3 Ecuaciones generales para solutos reactivos.

6.4 Condiciones frontera.

6.5 Solución unidimensional para una fuente y modelado en 2D.

6.6 Modelos comerciales.

6.7 Datos de entrada para el modelado de calidad del agua.

7 Manejo del recurso agua con apoyo de los modelos

Objetivo: El alumno conocerá y aplicará los modelos matemáticos en acciones encaminadas al manejo y control del agua subterránea.

Contenido:

7.1 Políticas alternativas de operación.

7.2 Diseño de optimización y monitoreo de redes de flujo.

7.3 Evaluación de acciones operativas.

7.4 Recarga de acuíferos.

7.5 Control hidráulico de plumas de contaminación.

Bibliografía básica:

ANDERSON, M.P. et al.

Applied groundwater modeling, simulation of flow and advective transport.

New York

Academic Press, 1992.

RUSHTON, K.

Groundwater hydrology: conceptual and computational models

New York

Wiley, 2003.

GIBBONS, R.D.

Statistical methods for groundwater monitoring.

New York

Wiley, 2004



Sugerencias didácticas:

Exposición oral	☒
Exposición audiovisual	☒
Ejercicios dentro de clase	☐
Ejercicios fuera del aula	☐
Seminarios	☐

Lecturas obligatorias	☒
Trabajos de investigación	☐
Prácticas de taller o laboratorio	☒
Prácticas de campo	☒
Otras: Empleo de paquetes de cómputo	☒

Forma de evaluar:

Exámenes parciales	☒
Exámenes finales	☒
Trabajos y tareas fuera del aula	☐

Participación en clase	☒
Asistencias a prácticas	☒
Otras	☐

Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura

Ingeniero geofísico especializado en el área de hidrogeología y que haya laborado en esa disciplina.