



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AGUA SUBTERRÁNEA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Actividad Académica



Denominación: REMEDIACIÓN DE ACUÍFEROS

Clave:	Semestre: 1 o 2	Campo de Conocimiento: Ingeniería en Ciencias de la Tierra Campo Disciplinario: Agua Subterránea	No. Créditos: 6
Carácter: Optativo	Horas		Horas por semestre:
Tipo: Teórica	Teoría:	Práctica:	48.0
	3.0	0.0	
Modalidad: Curso	Duración del programa: semestral		
Seriación: Sin Seriación (X) Obligatoria () Indicativa ()			
Actividad académica subsecuente: Ninguna			
Actividad académica antecedente: Ninguna			
Objetivo general: El alumno entenderá la metodología general para caracterizar un sitio contaminado. Conocer, aplicar y diseñar estrategias para remediar suelos y acuíferos contaminados y los métodos para su protección.			

Índice Temático

Unidad	Tema	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	3.0	0.0
2	Caracterización de sitios contaminados	12.0	0.0
3	Análisis de riesgo a la salud y al medio ambiente	6.0	0.0
4	Remediación de suelos y zona vadosa	6.0	0.0
5	Remediación de acuíferos	12.0	0.0
6	Protección de acuíferos	9.0	0.0
Total de horas:		48.0	0.0
Suma total de horas:		48.0	

Contenido Temático

Unidad	Tema y subtemas
1	Introducción
	1.1 Marco conceptual de la asignatura
	1.2 Nexo inherente "aguas subterráneas - medio ambiente"
	1.3 Fuentes de contaminación en suelos y acuíferos
	1.4 Propiedades de sustancias contaminantes orgánicas e inorgánicas en suelos y acuíferos
	1.5 Guías internacionales de remediación y legislación nacional vigente
2	Caracterización de sitios contaminados
	2.1 Información preliminar del sitio contaminado
	2.2 Reconocimiento local usando vehículos aéreos no tripulados
	2.3 Prospección geofísica terrestre y satelital aplicada al estudio de sitios contaminados
	2.4 Monitoreo de gas en la zona vadosa
	2.5 Estrategias de muestreo de suelo y tipos de perforación ambiental
	2.6 Perforación, diseño e instalación de pozos de monitoreo de agua subterránea
	2.7 Multi-piezómetros, pozos multi-canal e instrumentación asociada
	2.8 Estrategias y tipos de muestreo en agua subterránea
	2.9 Indicadores geoquímicos de contaminación
	2.10 Estimación volumétrica de suelo y agua subterránea contaminada

3	Análisis de riesgo a la salud y al medio ambiente	
	3.1	Conceptos básicos
	3.2	Formulación del problema
	3.3	Caracterización del riesgo inicial
	3.4	Evaluación de la exposición
	3.5	Evaluación de riesgo a la salud humana
	3.6	Evaluación del riesgo ecológico
	3.7	Niveles de remediación basados en riesgo
4	Remediación de suelos y zona vadosa	
	4.1	Técnicas biológicas de remediación
	4.2	Lavado de suelos
	4.3	Extracción de vapores en la zona no saturada
	4.4	Técnicas asistidas con surfactantes naturales y sintéticos
	4.5	Técnicas emergentes
5	Remediación de acuíferos	
	5.1	Contención hidráulica basada en bombeo
	5.2	Inyección de aire en la zona saturada
	5.3	Pantallas reactivas permeables
	5.4	Atenuación natural monitoreada
	5.5	Recuperación activa y pasiva de plumas ligeras y densas de hidrocarburos
	5.6	Técnicas emergentes
6	Protección de acuíferos	
	6.1	Cartografía de la vulnerabilidad acuífera y riesgo hidrogeológico
	6.2	Áreas y perímetros de protección en pozos estratégicos
	6.3	Diseño de planes de monitoreo a corto y largo plazo
	6.4	Emplazamiento de rellenos sanitarios y disposición geológica profunda
	6.5	Planes integrados de protección de acuíferos

Bibliografía Básica

1	Charbeneau R.J., Bedient P.B., Loher R.C. (1992). <i>Groundwater remediation</i> . Volume 8. Water Quality Management Library. Editorial Technomic Publishing Company.
2	Fetter C.W., Boving T., Kremer D. (2018). <i>Contaminant Hydrogeology</i> . (3 Ed.). Editorial Waveland Press.
3	Iturbe R.A. (2014). <i>Suelos y acuíferos contaminados</i> . Editorial Trillas.
4	Jackson R.E., Lesage S. (1992). <i>Groundwater Contamination and Analysis at Hazardous Waste Sites</i> . Editorial Marcel Dekker.
5	Kuo J. (2014). <i>Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation</i> . Editorial CRC Press.
6	Torres L.G., Bandala E.R. (2009). <i>Remediation of Soils and Aquifers</i> . Editorial Nova Science Publishers.

Bibliografía Complementaria

1	Suthersan S.S., Horst J., Schnobrich M., Welty N., McDonough J. (2017). <i>Remediation Engineering. Design Concepts</i> . Editorial CRC Press.
----------	--

Sugerencias didácticas		Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos	
Exposición Oral	(X)	Exámenes parciales	(X)
Exposición audiovisual	(X)	Examen final escrito	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)	Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Ejercicios fuera del aula	(X)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(X)
Lecturas Obligatorias	(X)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio *	()	Otras	()
Prácticas de campo *	()		
Otras: Utilización de programas de cómputo aplicables	()		
* Las prácticas de laboratorio y campo son requisitos sin valor en créditos			

Perfil profesiográfico
Formación académica: Maestría o preferentemente Doctorado en Hidrogeología.
Experiencia profesional: 5 años (mínimo) de experiencia en proyectos aplicados de aguas subterráneas relacionados con los tópicos incluidos en este temario.
Especialidad: Hidrogeología.
Conocimientos específicos: Hidrogeología, Modelación numérica de flujo en medio saturado y transporte de solutos y conocimientos básicos de sistemas geográficos de información.
Aptitudes y actitudes: Promover en los alumnos el desarrollo de actividades aplicadas bajo el concepto de enseñanza basada en proyectos de ingeniería.