





## Índice

	Pág.
I. Datos de identificación	3
II. Presentación	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular	5
IV. Objetivos de la formación profesional	5
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje	6
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización	6
VII. Acervo bibliográfico	9



### PROGRAMA DE ESTUDIOS

#### I. Datos de identificación

Espacio educativo donde se imparte

Licenciatura

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica      
Horas teóricas Horas prácticas Total de horas Créditos

Período escolar en que se ubica

Seriación    
UA Antecedente UA Consecuente

Tipo de UA  Curso  Curso taller   
 Seminario  Taller   
 Laboratorio  Práctica profesional

Modalidad educativa  Escolarizada. Sistema rígido  No escolarizada. Sistema virtual   
 Escolarizada. Sistema flexible  No escolarizada. Sistema a distancia   
 No escolarizada. Sistema abierto  Mixta (especificar).

#### Formación académica común

Ingeniería Civil 2004   
Ingeniería en Computación 2004   
Ingeniería en Electrónica 2004   
Ingeniería Mecánica 2004

#### Formación académica equivalente

Ingeniería Civil 2004   
Ingeniería en Computación 2004   
Ingeniería en Electrónica 2004   
Ingeniería Mecánica 2004

#### Unidad de Aprendizaje



## II. Presentación

De acuerdo con el artículo 84 del Reglamento de Estudios Profesionales de la Universidad Autónoma del Estado de México, se establece que el Programa de Estudios es un documento de carácter oficial que estructura y detalla los objetivos de aprendizaje y los contenidos establecidos en el plan de estudios, y que son esenciales para el logro de los objetivos del programa educativo y el desarrollo de las competencias profesionales que señala el perfil de egreso. Este es un documento normativo respecto a los principios y objetivos de los estudios profesionales, así como en relación con el modelo curricular y el plan de estudios de la carrera. Será de observancia obligatoria para autoridades, alumnos, y personal académico y administrativo.

La energía geotérmica es la que se encuentra en forma de calor en el interior de la Tierra, cuyo origen está ligado a su misma estructura y a los procesos físicos que en ella ocurren. Pero a pesar del hecho de que este calor es enorme, prácticamente en cantidades inagotables a escala humana, no es posible acceder a él por la enorme profundidad a la que se encuentra, y sólo existen algunas zonas donde es posible explotarlo industrialmente.

El calor fluye desde del interior de la Tierra hasta la superficie donde se disipa; hecho que generalmente no es percibido por la mayoría de nosotros; pero tenemos conocimiento de su existencia porque la temperatura de las rocas se incrementa con la profundidad, probando que existe un gradiente geotérmico de temperatura que en promedio es de 30 °C/km de profundidad

Los Sistemas Geotérmicos consisten en todos los elementos que llevan a la extracción y uso de esta gran cantidad de calor, lo que involucra su transporte desde profundidades accesibles cercanas a la superficie terrestre. Generalmente, el calor se transfiere desde lo más profundo primero por conducción y después por convección por medio de fluidos geotérmicos que actúan como acarreadores, por ejemplo agua de lluvia que ha penetrado en la corteza terrestre desde áreas de recarga, que luego se calienta por el contacto con rocas a mayor temperatura y se acumula en acuíferos, que ocasionalmente pueden estar a alta temperatura y presión (mayor a 300 °C), dichos acuíferos (reservorios de agua) son la parte esencial de los campos geotérmicos.

Esta Unidad de Aprendizaje debe desarrollar en los alumnos el conocimiento sobre el origen de la energía geotérmica, el comportamiento de los fluidos acarreadores y el aprovechamiento para la generación de electricidad.

Para su desarrollo, se estructura en cuatro Unidades Temáticas (UT) que parten de la geología de las regiones termales, perforación de pozos, caracterización de los fluidos geotérmicos y finalmente la generación de electricidad en centrales geotérmicas.

La Unidad de Aprendizaje es obligatoria y pertenece al octavo periodo del mapa curricular, se recomienda inscribirse en ella una vez que se han cursado las materias de ingeniería Térmica y Transferencia de Calor, así como Diseño de Equipo Térmico.

Es muy importante tomar en cuenta que, en la medida de lo posible, toda la información proporcionada a los alumnos sea contextualizada y relacionada con la vida real, de tal forma que ayude al entendimiento de los conceptos y análisis de los mismos.



### III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

Núcleo de formación:	Integral
Área Curricular:	Fuentes Renovables de Energía
Carácter de la UA:	Obligatoria

Al final del documento se anexa el mapa curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Energéticos Sustentables, para ubicar de manera visual esta unidad de aprendizaje.

### IV. Objetivos de la formación profesional.

<p><b>Objetivos del programa educativo:</b></p> <p>Proyectar, diseñar, analizar, instalar, programar, controlar, operar y mantener sistemas relacionados con el aprovechamiento sustentable de la energía; dando prioridad a la no dependencia de los combustibles fósiles, al uso responsable y eficiente de las mejores tecnologías disponibles, y a la conveniencia de la utilización de las fuentes renovables de energía.</p> <p>Aplicar técnicas y tecnologías, con responsabilidad y Ética para el desarrollo sustentable, para el aprovechamiento de la energía y la preservación del medio ambiente.</p> <p>Apoyar en el diseño de edificaciones sustentables y con bajo consumo energético.</p> <p>Desarrollar aplicaciones que empleen la biomasa obtenida de residuos agrícolas y agroindustriales para generar energía directa.</p> <p>Elaborar programas de ahorro y uso eficiente de la energía en el sector energético, social, e industrial.</p> <p>Investigar sobre la problemática energética y plantear soluciones que contribuyan al desarrollo sustentable.</p> <p>Proyectar, diseñar, analizar, instalar, programar, controlar, operar y mantener sistemas y aplicaciones tecnológicas fotovoltaicas y foto térmicas, eólicas, y geotérmicas.</p> <p><b>Objetivos del núcleo de formación:</b></p> <p>Desarrollar en el alumno/a el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.</p> <p><b>Objetivos del área curricular o disciplinaria:</b></p> <p>Comprender la naturaleza de las energías renovables (solar, bioenergía, geotérmica y eólica) así como los principios físicos, químicos y biológicos relacionados con éstas, incluyendo metodologías para su cuantificación en función del entorno físico, de tal forma que sea capaz de aplicar estos conocimientos para el desarrollo de sistemas de conversión que aprovechen de forma eficiente el recurso energético en uso.</p>
---



## V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Analizar el origen de los recursos geotérmicos y su distribución a nivel planetario, nacional y regional, para evaluar su potencial de generación eléctrica en un sitio determinado, así como los ciclos termodinámicos más utilizados para su aprovechamiento en la generación de electricidad, haciendo uso de herramientas informáticas que permiten el modelado y mejor aprovechamiento de este recurso.

## VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.

### Unidad 1. Antecedentes de Sistemas Geotérmicos

**Objetivo:** Distinguir los elementos que están involucrados en la identificación del recurso geotérmico por medio del reconocimiento de los elementos térmicos y de flujo con el fin de proponer ejemplos de construcción de pozos geotérmicos.

- Sistemas conductivos:
  - El régimen térmico de la Tierra.
  - Cuencas de aguas subterráneas calientes.
  - Acuíferos profundos sedimentarios
  - Sistemas geopresurizados
- Sistemas convectivos:
  - Circulación profunda y calor magmático.
  - De líquido dominante.
  - De vapor dominante.
  - Modelos de flujo vertical y sistemas de flujo lateral.
  - Interferencias en la distribución de presiones.
- Modelos cuantitativos:
  - Presión transitoria.
  - Parámetros de bulto simple
  - Reservorios de vapor con líquido fijo
  - Reservas
  - Medios fracturados.
- Perforado de pozos geotérmicos
  - Descripción del proceso de perforación.



- Estructura típica de un pozo geotérmico: diseño de pozos y pruebas de producción.
- Química de los fluidos geotérmicos:
  - Composición, potencial químico, energía de Gibbs y actividad.
  - Contantes de equilibrio, coeficientes de actividad, intercambio iónico.
  - Gases disueltos en los fluidos geotérmicos
  - Efectos de la composición en las instalaciones.

## Unidad 2. Sistemas geotérmicos para generación de electricidad

**Objetivo:** Evaluar termodinámicamente las configuraciones más comunes empleadas en las centrales geotérmicas por medio de la resolución de problemas que involucren el uso de herramientas informáticas.

- Central de flash simple
  - Sistemas de recolección de vapor.
  - Sistemas de conversión de energía.
  - Análisis termodinámico de centrales con flash simple.
- Central de flash doble:
  - Consideraciones del sistema de recolección de vapor.
  - Sistemas de conversión de energía.
  - Análisis termodinámico de centrales con flash doble.
- Central de vapor seco:
  - Sistemas de recolección de vapor.
  - Sistemas de conversión de energía.
  - Análisis termodinámico de centrales con vapor seco.
- Central de ciclo binario:
  - Sistemas binarios básicos y selección del fluido de trabajo.
  - Ciclos binarios avanzados.
  - Análisis termodinámico de ciclos binarios.
- Sistemas avanzados de conversión de energía:
  - Centrales con sistemas híbridos: flash doble – flash simple; flash – ciclo binario; fosil – geotérmico.
  - Cogeneración con geotermia.



- Central con salmueras hipersalinas.
- Central solar-geotérmica.
- Análisis exergético de centrales geotérmicas:
  - Primera y segunda ley de la Termodinámica en sistemas geotérmicos con estado estacionario.
  - Eficiencia térmica
  - Eficiencia exergética.

### Unidad 3. Casos de Estudio

**Objetivo:** Evaluar diferentes ejemplos de centrales geotérmicas ya instaladas alrededor del mundo verificando el desarrollo histórico, las características geológicas, y la configuración del proceso utilizado en cada una de ellas, utilizando herramientas informáticas para su análisis.

- Desarrollo histórico de la instalación.
- Descripción de las características geológicas y geográficas del sitio.
- Descripción de la central:
  - Diagrama de flujo de proceso.
  - Principales equipos utilizados
  - Condiciones de operación: flujos, temperaturas, presiones, etc.
  - Rendimiento térmico y exergético de la central.

### Unidad 4. Impactos Ambientales de la Geotermia

**Objetivo:** Evaluar los posibles impactos ambientales a partir de verificar los principales agentes contaminantes que surgen por la explotación del recurso geotérmico con el fin de idear procesos que reviertan los efectos negativos de los mismos.

- Descripción de los principales contaminantes de una central geotérmica:
  - Emisiones a la atmósfera.
  - Salmueras de desecho.
  - Sales generadas.
- Impacto ambiental de los diferentes tipos de centrales geotérmicas.
  - Uso de agua



- Uso del suelo
- Reinyección de salmuera
- Medidas de mitigación de impacto ambiental.
  - Aspectos técnicos y ambientales.
  - Aspectos económicos y políticos.

## VII. Acervo bibliográfico

### Básico

DiPippo, R. (2012). Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. (3<sup>rd</sup> Ed.). Elsevier, USA. ISBN: 978-0080982069

Grant, M. and Bixley, P. (2008). Geothermal Reservoir Engineering. (2nd Ed.). Elsevier, USA. ISBN: 978-0123838803

### Complementario

Watson, A. (2013). Geothermal Engineering. Springer, USA. ISBN: 978-1461485681.

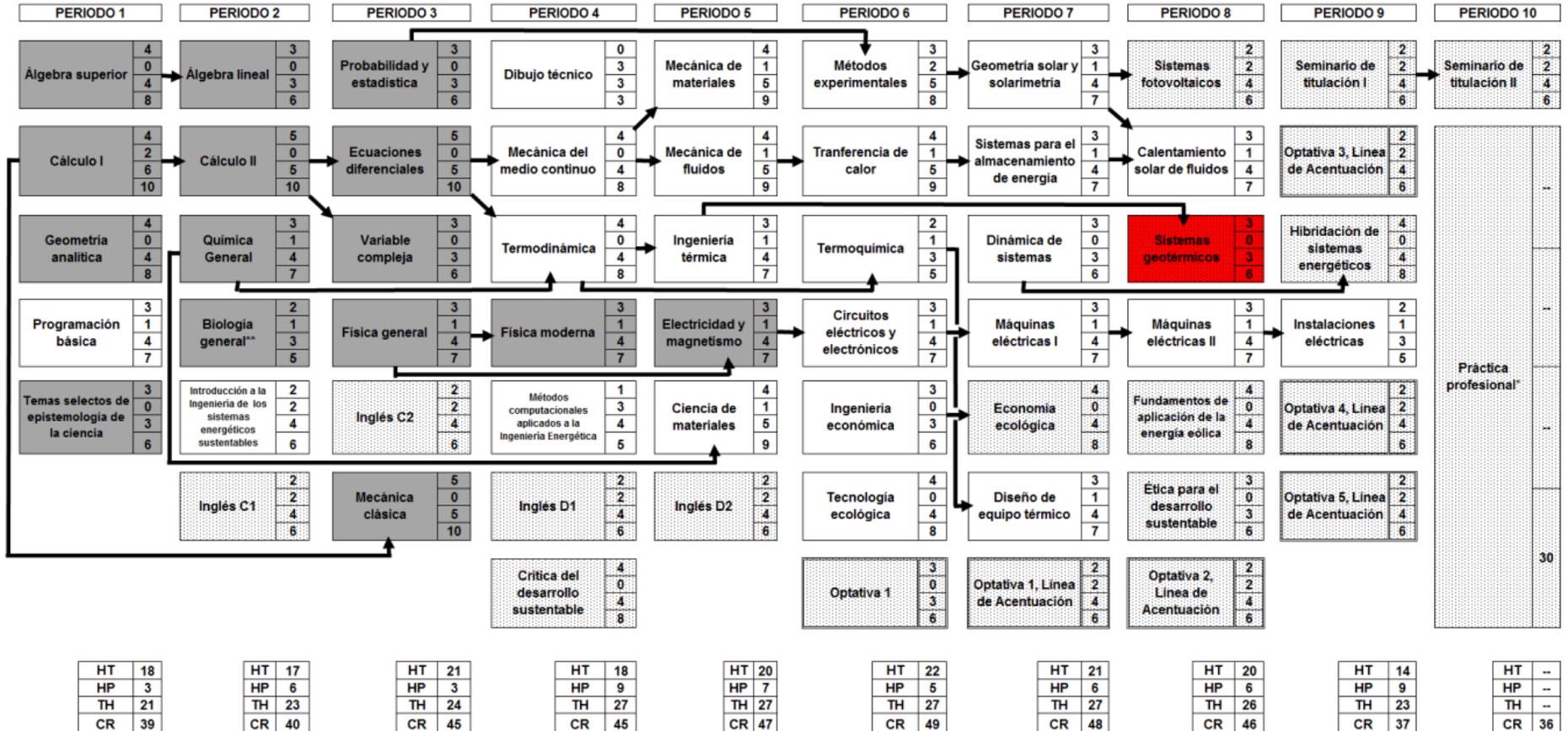
Stober, I. and Bucher, K. (2013). Geothermal Energy. Springer, USA. ISBN: 978-3642133527.

Glassley, W. (2010). Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment. CRC Press, USA. ISBN: 978-1420075700.

Huenges, E. (2010). Geothermal Energy Systems: Exploration, Development and Utilization. Wiley-VCH, Germany. ISBN: 978-3527408313



MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES



SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje	Horas teóricas
	Horas prácticas
	Total de horas
	Créditos

- Obligatorio, Núcleo Básico
- Obligatorio, Núcleo Sustantivo
- Obligatorio, Núcleo Integral
- Optativo, Núcleo Integral

- ➔ 31 Líneas de seriación
- \* Actividad académica
- \*\* UA Seriado con Microbiología

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo Básico obligatorio: cursar y acreditar 15 UA	53
	7
	60
	113

Núcleo Sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 23 UA	68
	24
	92
	160

Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 14 UA + 1*	39
	15
	54
	123

Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 6 UA	--
	--
	--
	36

Total del Núcleo Básico: acreditar 15 UA para cubrir 113 créditos	
---	--

Total del Núcleo Sustantivo: acreditar 23 UA para cubrir 160 créditos	
---	--

Total del Núcleo Integral: acreditar 20 UA + 1* para cubrir 159 créditos	
--	--

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA Obligatorias	52 + 1 ACTIVIDAD ACADÉMICA
UA Optativas	6
UA a Acreditar	58 + 1 ACTIVIDAD ACADÉMICA
Créditos	432