

1. Datos generales de la asignatura

Nombre de la asignatura: Clave de la asignatura: SATCA: Carrera:	Energía Geotérmica ERS-1703 5-0-5 Ingeniería Mecánica
---	--

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecánico las bases necesarias para la explotación de la energía geotérmica. Los conocimientos y habilidades adquiridas harán que el alumno sea capaz de formular, gestionar, evaluar y administrar proyectos relacionados con el uso y generación de energía geotérmica. También permite incorporar el conocimiento y las habilidades necesarias para participar en servicios de asesoría, peritaje, certificación o capacitación, relacionadas con la geotermia.

Considerando que sólo 23 países utilizan recursos geotérmicos para generar energía eléctrica, esos países tienen una capacidad geotermoeléctrica instalada total de casi 13000 MW, situándose México en cuarto lugar con una capacidad instalada de 1055.2 MW (datos actualizados al 2014). Hay varios campos geotérmicos identificados en México, cinco de los cuales se encuentran actualmente en operación. Cerro Prieto, B.C., con 720 MW de capacidad neta; Los Azufres, Mich., con 221.6 MW; Los Hornos, Pue., con 93.6 MW y Las Tres Vírgenes, B.C.S., con 10 MW.

El Centro Mexicano para la Innovación en Energía Geotérmica, CeMIE-Geo, es una alianza academia-industria con el apoyo de la Secretaría de Energía de México (SENER) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con el objetivo de promover y acelerar el uso y el desarrollo de la energía geotérmica en nuestro país. La idea es utilizar la infraestructura física y humana existente en el país, fortalecerla y promover su funcionamiento de manera coordinada, de tal manera que los esfuerzos se concentren para promover la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en el campo de la energía geotérmica. Actualmente cuenta con 30 proyectos de innovación tecnológica que se desarrollan hasta el año 2018, con apoyo económico de 293 millones de pesos, contando con la participación de investigadores nacionales tanto de la UMSNH, del CICESE, de la UNAM, de la Universidad de Guadalajara y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Considerando lo anterior, existe una amplia gama de oportunidades en este campo laboral, al término de la carrera. Se provee al profesional de la Ingeniería Mecánica de los elementos mínimos requeridos para diseñar y proponer sistemas alternativos de

conversión, transmisión, conservación y uso racional de la energía. Al mismo tiempo se pretende desarrollar una conciencia ciudadana con tendencia a la utilización de fuentes limpias y renovables de energía para contribuir al desarrollo sustentable del país.

La materia de Geotermia aplica los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridas en las asignaturas del área de ciencias de la ingeniería, tales como: Termodinámica, Mecánica de fluidos, Sistemas e Instalaciones hidráulicas, Máquinas de fluidos incompresibles, Máquinas de fluidos compresibles y Transferencia de Calor.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Morelia del 22 al 26 de junio del 2015	Academia de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Morelia	

4. Competencias a desarrollar

Competencias específicas: • Describir los sistemas térmicos y mecánicos para la transformación de energía en plantas térmicas convencionales con el propósito de evaluar su impacto en el medio ambiente. • Sensibilizar al alumno sobre el impacto que produce el uso de la energía geotérmica en el desarrollo sustentable de nuestro país. • Diseñar y proponer sistemas alternativos de conversión, transmisión, conservación y uso racional de la energía. • Desarrollar una conciencia ciudadana con tendencia a la utilización de fuentes limpias y renovables de energía para contribuir al desarrollo sustentable del país.	Competencias genéricas: <u>Competencias instrumentales</u> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <u>Competencias interpersonales</u> • Capacidad crítica y autocrítica. • Trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales.
---	---

	• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas. • Habilidad para trabajar en un ambiente laboral. • Compromiso ético. <u>Competencias sistémicas</u> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de generar nuevas ideas. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Iniciativa y espíritu emprendedor. • Preocupación por la calidad. • Búsqueda del logro. • Liderazgo.
--	---

5. Competencias previas

• Realizar análisis de la primera y segunda ley de la Termodinámica. • Conocer y aplicar los mecanismos de transferencia de calor a la solución de problemas. • Conocer el principio de funcionamiento de los instrumentos de medición y control. • Conocer los ciclos básicos de las máquinas de fluidos compresibles. • Conocer los fundamentos de la energía geotérmica y transferencia de calor. • Conocer los conceptos básicos y leyes del movimiento de los fluidos. • Realizar balances de masa, energía, entropía y exergía. • Uso de software especializado, Engineering Equation Solver (EES).
--

6. Temario

Unidad	Tema	Subtema
1	Introducción a la energía geotérmica.	1.1. Introducción. 1.1.1. Definiciones. 1.2. Historia de la geotermia.

		1.3. Principio de funcionamiento de una central geotérmica. 1.4. Contexto energético de la geotermia. 1.5. Panorama energético mundial. 1.6. Formas de aprovechamiento de la geotermia. 1.7. Tecnología energética sustentable.
2	Exploración de la energía geotérmica.	2.1. Geología. 2.2. Composición y clasificación de rocas. 2.3. Placas tectónicas. 2.4. Vulcanología. 2.5. Estudio de cámaras magmáticas y calderas. 2.6. Modelación numérica.
3	Explotación de la energía geotérmica.	3.1. Ingeniería de yacimientos. 3.1.1. Yacimientos de líquido dominante. 3.1.2. Yacimientos de vapor dominante. 3.1.3. Yacimientos de roca seca saliente. 3.2. Perforación de pozos (verticales e inclinados). 3.3. Reología de lodos de perforación. 3.4. Temperaturas estabilizadas de formación. 3.5. Temperaturas de fondo de pozos. 3.6. Modelación numérica.
4	Generación de la energía geotérmica.	4.1. Geotermia de baja entalpía. 4.2. Geotermia de mediana entalpía. 4.3. Geotermia de alta entalpía. 4.4. Centrales eléctricas. 4.4.1. Binarias. 4.4.2. Flash. 4.4.3. Vapor seco. 4.5. Turbinas y generadores. 4.6. Aplicaciones directas de la energía geotérmica. 4.7. Impacto ambiental.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Unidad 1. Introducción a la energía geotérmica.

Competencias.	Actividades de aprendizaje.
Identificar, analizar y evaluar el potencial geotérmico como fuente renovable.	- Investigar y estudiar la energía proveniente del interior de la Tierra. - Estudiar las zonas geotérmicas en México. - Analizar la formación y evolución térmica y química de los fluidos geotérmicos. - Clasificar los yacimientos, uso y generación de la energía geotérmica.

Unidad 2. Exploración de la energía geotérmica.	
Competencias.	Actividades de aprendizaje.
Conocer, investigar y analizar los conceptos sobre geología y vulcanología de zonas geotérmicas.	- Estudiar la geología del subsuelo para conocer la composición de las rocas, la vulcanología, calderas y cámaras magmáticas. - Desarrollar estudios de exploración de un campo geotérmico activo o en posibilidades de explotación utilizando herramientas de modelado numérico-matemáticos.

Unidad 3. Explotación de la energía geotérmica.	
Competencias.	Actividades de aprendizaje.
Identificar, analizar y estudiar las técnicas de explotación de un campo geotérmico.	Estudiar la ingeniería de yacimientos para clasificar y evaluar los yacimientos geotérmicos.

	Investigar y analizar acerca de la reología de lodos de perforación para desarrollar modelos numéricos.
--	---

Unidad 4. Generación de la energía geotérmica.	
Competencias.	Actividades de aprendizaje.
Identificar, analizar y estudiar el sistema termodinámico de un yacimiento geotérmico.	- Estudiar termodinámicamente los yacimientos geotérmicos para investigación. - Clasificar las centrales eléctricas, generadores y turbinas, así como los usos directos de la energía geotérmica.

8. Prácticas

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de las competencias de la asignatura considerando.

- **Fundamentación:** Marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** Con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** Consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** Es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación

para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño del alumno:

- Participa y organiza foros de discusión con sus compañeros sobre centrales geotermoeléctricas presentando un informe escrito.
- Presenta reportes de los resultados obtenidos de las demostraciones y prácticas realizadas en clase con sus comentarios y conclusiones.
- Presenta exámenes escritos para solucionar problemas de aplicación práctica.
- Presenta ante el grupo y en exposición el modelo didáctico construido junto con su memoria de cálculo.
- Realiza una presentación y discusión del reporte de visitas a empresas y centrales geotermoeléctricas.
- Participa en la realización de ejercicios prácticos.
- Desarrolla un proyecto en equipo sobre la solución de generación de energía eléctrica por medio de centrales de vapor geotérmico, presentando por escrito: cálculos, planos y referencias bibliográficas.
- Participación activa y crítica en clase.
- Presentaciones y trabajos en equipos.

11. Fuentes de información

- i. Cermak, V., **Geothermics and Geothermal Energy**, Lubrecht & Cramer, 1982.
- ii. Buntebarth, G., **Geothermics: An Introduction**, Springer-Verlag, 1984.
- iii. Gupta, H. and Roy, S., **Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century**, Elsevier Science, 2006.
- iv. Economides, M. J., **Applied Geothermics**, John Wiley and Sons, 1987.
- v. Dipippo, R., **Geothermal Power Plants: Principles, Applications and Case Studies**. Elsevier Limited, 2005.
- vi. Dipippo, R., **Geothermal Energy As a Source of Electricity: A Worldwide Survey of the Design and Operation of Geothermal Power Plants**, Books for Business, 2002.
- vii. Miller, R. H. and Malinowski, J. H., **Power System Operation**, McGrawHill, 1994.
- viii. Dickson, M. H. and Fanelli, M., **Geothermal Energy: Utilization and Technology**, Earthscan Publications, 2005.
- ix. www.geothermal.org
- x. <http://iga.igg.cnr.it/index.php>