

Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Ingeniería

Licenciatura de Ingeniería en Sistemas
Energéticos Sustentables



Programa de Estudios

Calentamiento Solar de Fluidos

Elaboró: Dr. Iván Galileo Martínez Cienfuegos Fecha: Enero 2016
Dra. María Dolores Durán García
Dr. Bernd Weber

Fecha de aprobación H. Consejo Académico H. Consejo de Gobierno
Agosto/2016 Agosto/2016



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 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



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.

El calentamiento solar de fluidos es una alternativa tecnológica que se aplica en diferentes sectores de consumo: industrial, doméstico, comercial, servicios, agropecuario y energético, en diferentes intervalos de temperatura, lo que involucra diferentes formas de captación y conversión de la radiación solar, desde colectores solares planos hasta hornos solares para investigación de materiales. Entre las principales aplicaciones está el calentamiento de agua doméstico e industrial, así como la generación de electricidad en grandes centrales con almacenamiento térmico.

En este curso se involucran temas como son las tecnologías de captación y concentración de la radiación solar, materiales selectivos con alta absorptividad y baja emisividad, configuraciones geométricas de los diversos tipos de captadores y absorbedores de radiación, los diversos tipos de fluidos para diferentes valores de temperatura, las variedades de configuración para las instalaciones grandes y pequeñas, y finalmente la legislación y normatividad en nuestro país que dan certidumbre jurídica.

Esta Unidad de Aprendizaje debe desarrollar en los alumnos la habilidad de diseñar sistemas de calentamiento solar para diferentes aplicaciones en los diversos sectores de consumo que se han enlistado, tomando en cuenta los diversos equipos de transferencia de calor, esquemas de respaldo y almacenamiento, etc.

Para su desarrollo, se estructura en cinco Unidades Temáticas (UT) que parten de un repaso de solarimetría, pasando por los materiales adecuados para la captación de la radiación, los elementos receptores, equipos utilizados, hasta llegar a los diversos sistemas de captación de la radiación solar, tipo plano, tubular, con concentración enfocada y no-enfocada.

Los alumnos conocerán y pondrán en práctica el dimensionamiento de sistemas de calentamiento solar de fluidos según el tipo y tamaño de un consumidor específico, caracterizando de forma teórica cada uno de los elementos que lo forman, de tal forma que puedan comparar los rendimientos entre ellos, y en un momento dado esta información puede servirles para la toma de decisiones.

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 Geometría Solar y Solarimetría, Diseño de Equipo Térmico y Sistemas para el Almacenamiento de la Energía.

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.

Objetivos del programa educativo:

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.

Aplicar técnicas y tecnologías, con responsabilidad y Ética para el desarrollo sustentable, para el aprovechamiento de la energía y la preservación del medio ambiente.

Apoyar en el diseño de edificaciones sustentables y con bajo consumo energético.

Desarrollar aplicaciones que empleen la biomasa obtenida de residuos agrícolas y agroindustriales para generar energía directa.

Elaborar programas de ahorro y uso eficiente de la energía en el sector energético, social, e industrial.

Investigar sobre la problemática energética y plantear soluciones que contribuyan al desarrollo sustentable.

Proyectar, diseñar, analizar, instalar, programar, controlar, operar y mantener sistemas y aplicaciones tecnológicas fotovoltaicas y foto térmicas, eólicas, y geotérmicas.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollar en el alumno/a el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

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.



V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Evaluar los diferentes esquemas tecnológicos utilizados en el calentamiento solar de fluidos, especialmente agua y aire, tomando en cuenta los recursos económicos con que se cuente, con el fin de resolver problemas específicos de acuerdo con el tipo de consumidor, manejando herramientas computacionales para tal fin.

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

Unidad 1. Repaso de Radiación solar

Objetivo: Valorar el recurso solar de acuerdo a la región geográfica, tomando en cuenta los diferentes modelos existentes para su cuantificación así como los datos de estaciones meteorológicas que permitan verificar los resultados obtenidos y manejar instrumentos de medición de la radiación solar.

- El Sol como fuente energética.
 - Fundamentos de la radiación térmica y cuerpo negro.
 - Propiedades de la radiación.
 - El espectro electromagnético solar.
- Geometría Sol-Tierra y posición solar.
 - Los movimientos de la Tierra.
 - La esfera celeste y sistemas de referencia.
 - Cálculo de la posición solar.
 - La radiación solar extraterrestre
- Medida y registro de la radiación solar.
 - Instrumentos de medición de la radiación solar.
 - Bases de datos de radiación solar.
 - Herramientas computacionales para el cálculo de la radiación solar.

Unidad 2. Materiales para sistemas térmico-solares

Objetivo: Distinguir los diferentes materiales que intervienen en los sistemas térmico-solares en cualquiera de sus partes, tal que se pueda seleccionar el más adecuado en función de la fase, propiedades térmicas y/u ópticas, para de esta forma idear la mejor configuración y solución.



- Características ópticas de materiales sólidos.
 - Cuantificación de: emisividad, absorptividad, reflectividad y transmisividad.
 - Superficies selectivas y superficies especulares.
 - Absorptividad en captadores volumétricos.
 - Propiedades ópticas de materiales “transparentes”.
- Métodos de fabricación de superficies selectivas:
 - Electrodeposición.
 - Erosión iónica (sputtering).
 - Sol-gel.
- Propiedades físicas y químicas de fluidos térmicos.
 - Sustancias orgánicas: hidrocarburos, polímeros, etc.
 - Sustancias inorgánicas: sales y metales fundidos, etc.
 - Agua y cambio de fase.
 - Aire y otros gases.

Unidad 3. Sistemas de baja temperatura

Objetivo: Evaluar sistemas de calentamiento solar de fluidos de baja temperatura ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) desde el punto de vista energético y mecánico, de tal forma que el estudiante diseñe sistemas que permitan resolver problemas específicos de consumo de fluidos calientes.

- Descripción de sistemas pasivos y sistemas activos de calentamiento solar.
- Captadores planos:
 - Descripción de cada tipo y balance de energía.
 - Caracterización: distribución de temperaturas, coeficiente de pérdidas de calor, factor de eficiencia, distribución de temperaturas en el fluido, nivel de radiación crítica, producto emisividad-absorptividad.
 - Efectos del polvo y sombreado.
 - Desempeño del captador: estándares de medición (nacional e internacional), manejo de datos de pruebas, correcciones por flujo, etc.
 - Consideraciones generales
- Captadores tubulares:
 - Descripción de cada tipo y balance de energía.
 - Caracterización: distribución de temperaturas, coeficiente de pérdidas de calor, factor de



eficiencia, distribución de temperaturas en el fluido, nivel de radiación crítica, producto emisividad-absortividad.

- Efectos del polvo y sombreado.
- Desempeño del captador: estándares de medición (nacional e internacional), manejo de datos de pruebas, correcciones por flujo, etc.
- Consideraciones generales
- Principales aplicaciones:
 - Calentamiento de agua: dimensionamiento para albercas, uso doméstico y uso industrial.
 - Calentamiento de aire: secadores de materia orgánica (fruta, granos, residuos, etc.), calor de proceso.
 - Refrigeración solar.
 - Calentamiento de edificaciones.

Unidad 4. Sistemas de media y alta temperatura

Objetivo: Evaluar sistemas de calentamiento solar de fluidos de media y alta temperatura (> 100 °C) desde el punto de vista energético y mecánico, de tal forma que el estudiante sea capaz de integrarse a equipos de trabajo para ofrecer soluciones a problemas en este ámbito.

- Concentración de la radiación solar:
 - Configuraciones de concentración.
 - Razón de concentración.
 - Desempeño térmico de concentradores: evaluación de pérdidas y eficiencia.
- Concentradores con óptica de no-enfoque: parábola compuesta (CPC)
 - Orientación y energía absorbida por un CPC.
 - Desempeño óptico y global de un CPC.
- Concentradores con óptica de enfoque:
 - Geometría de concentradores lineales: canal parabólico (CCP) y Fresnel (CF)
 - Desempeño óptico de concentradores lineales: ángulo de incidencia, balance de energía y evaluación de pérdidas ópticas.
 - Desempeño óptico de concentradores puntuales: discos de revolución (paraboloide, hemiesférico, etc.), concentradores de receptor central con helióstatos (planos, curvos).
 - Eficiencia global.
- Principales aplicaciones:



- Generación de electricidad.
- Coccción de alimentos.
- Calor de proceso industrial.
- Desalación de agua.

Unidad 5. Métodos de diseño

Objetivo: Diseñar sistemas de calentamiento solar de fluidos según las necesidades del consumidor por medio de la integración de equipos de trabajo para ofrecer soluciones a problemas en este ámbito.

- Simulaciones en el diseño de procesos solares:
 - Principales herramientas de simulación.
 - Caso de estudio.
 - Principales limitaciones.
- Diseño de sistemas activos.
 - Métodos de diseño para sistemas activos: descripción y aplicación.
 - Desarrollo de ejemplo.
 - Análisis de resultados.
- Diseño de sistemas pasivos e híbridos:
 - Métodos de diseño para sistemas pasivos: descripción y aplicación.
 - Desarrollo de ejemplo.
 - Análisis de resultados.



VII. Acervo bibliográfico

Básico

Duffie, J. and Beckman, W. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, Inc. USA. ISBN: 978-0471698678.

Almanza, R. y Muñoz, F. (2003) Ingeniería de la Energía Solar. Serie Ingeniería. Editorial. Cromocolor. México. ISBN:

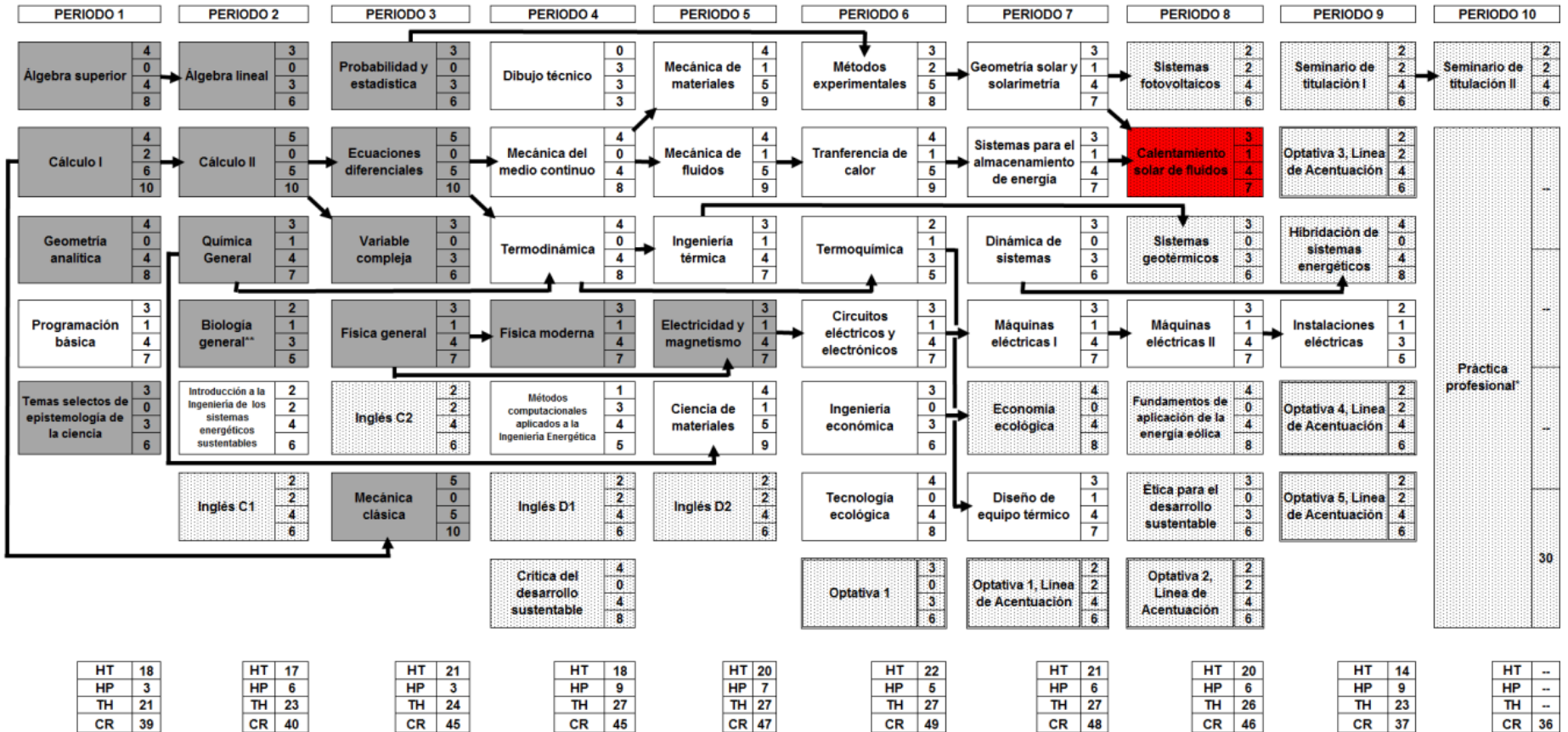
Complementario

Kalogirou, S. (2009). Solar Energy Engineering Processes and Systems. Elsevier. USA. ISBN: 978-0123745019

Kreith, F. and Goswami, D.Y. (2007). Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. CRC Press. USA. ISBN: 978-0849317309



MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES



PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

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

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