

Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Ingeniería

Licenciatura de Ingeniería en Sistemas  
Energéticos Sustentables



**Programa de Estudios**

**Concentración Solar**

Elaboró: Dr. Eduardo A. Rincón Mejía Fecha: Agosto 2016  
Dr. Iván Galileo Martínez Cienfuegos  
Dra. Miriam Sánchez Pozos

Fecha de aprobación \_\_\_\_\_  
H. Consejo Académico \_\_\_\_\_ H. Consejo de Gobierno \_\_\_\_\_



## 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	6
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje	6
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización	7
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   
Otro tipo (especificar)

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  Unidad de Aprendizaje  
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.

La energía solar por concentración (CSP) o energía térmica solar concentrada emplea elementos ópticos (espejos o lentes) para concentrar la energía solar convirtiéndola en energía térmica, lo cual permite el calentamiento de fluidos portadores de calor que posteriormente se usan para generar vapor que impulsa una turbina o un motor térmico, el cual es conectado a un generador eléctrico. Parte del calor captado puede ser almacenado, permitiendo el suministro parcial eléctrico aún en ausencia del Sol. La CSP es una de las fuentes renovables de energía más rentable y cuyo empleo ha ido en aumento.

El objetivo de esta Unidad de Aprendizaje (UA) en el plan de estudios de la carrera de ISES es que los estudiantes conozcan los fundamentos básicos de los equipos y las aplicaciones térmicas de la concentración solar, así como un poco de su historia y panorama mundial de esta tecnología.

La UA es optativa y pertenece al núcleo de acentuación solar. Aunque no es forzoso, se recomienda llevar una vez que se han cursado las materias de Introducción a la ingeniería de sistemas energéticos sustentables, transferencia de calor, termodinámica, y solarimetría, principalmente. Para su desarrollo, la UA se estructura en cuatro Unidades Temáticas.

Conforme al modelo institucional, basado en la teoría constructivista, que involucra el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias, se debe centrar la actividad de aprendizaje del alumno en tareas diseñadas por el docente, quien debe realizar el diseño didáctico, tanto de actividades individuales como de equipo, dando preferencia a trabajar sobre problemas, estudios de caso y proyectos a fin de que los alumnos apliquen conocimientos no sólo de la UA en cuestión sino también de otras.

De tal forma que con esta UA el alumno sea capaz de generar nuevos conocimientos sobre tecnologías energéticas enfocados a propiciar un entorno sustentable.

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:**

Optativa. Línea de acentuación Solar

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.

\*Las materias optativas pertenecientes a cualquiera de las tres líneas de acentuación pueden tomarse en cualquier momento una vez que se ha cubierto el 50% de los créditos de la carrera.

### 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:**

Proveer al alumno/a de escenarios educativos para la integración, aplicación y desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan el desempeño de las funciones, tareas y resultados ligados directamente a las dimensiones y ámbitos de intervención profesional o campos emergentes de la misma.

#### **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 fundamentos básicos del diseño o selección de equipos para el aprovechamiento de la radiación solar concentrada en aplicaciones de temperatura superiores a los 100 °C, con el fin de plantear opciones en el aprovisionamiento de energía térmica en diversos procesos industriales.

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

### Unidad 1. Propiedades ópticas de los materiales

#### Objetivo:

- 1.1 Evaluación de la emisividad, absorptividad, reflectividad y transmisividad.
- 1.2 Superficies selectivas y mecanismos de selectividad.
- 1.3 Absorción de la radiación en diferentes superficies.
  - 1.3.1 Superficies planas y curvas.
  - 1.3.2 Receptores de cavidad
  - 1.3.3 Diferentes tipos de vidrio
- 1.4 Reflexión de la radiación en superficies especulares y difusas.
  - 1.4.1 Espejos de segunda superficie.
  - 1.4.2 Espejos de primera superficie.
  - 1.4.3 Superficies de reflexión difusa.
- 1.5 Principios de la óptica anidólica.

### Unidad 2. Sistemas de concentración solar

#### Objetivo:

- 2.1 Desarrollo histórico de los concentradores solares
- 2.2 Tipos de configuración de captadores de radiación concentrada.
- 2.3 Razón de concentración.
- 2.4 Desempeño de un sistema de concentración
  - 2.4.1 Desempeño Térmico.
  - 2.4.2 Desempeño Óptico



2.5 Concentradores de no-enfoque.

2.5.1 Descripción general y tipos.

2.5.2 Características ópticas de concentradores de parábola compuesta (CPC)

2.5.3 Energía absorbida y orientación de CPCs

2.5.4 Desempeño térmico y óptico de CPCs

2.6 Concentradores de foco lineal

2.6.1 Descripción general y tipos.

2.6.2 Concentradores de canal parabólico (CCP)

2.6.3 Concentradores tipo Fresnel (CF) y lentes.

2.6.4 Imágenes desde concentradores perfectos.

2.6.5 Imágenes desde concentradores con imperfecciones.

2.6.6 Desempeño óptico y térmico de CCPs y CFs.

2.7 Métodos de trazado de rayos para la evaluación de concentradores

2.8 Concentradores de foco puntual

2.8.1 Concentradores de plato parabólico (CPP)

2.8.2 Concentradores de plato esférico (CPE)

2.8.3 Desempeño óptico y térmico de CPPs y CPEs.

2.9 Sistemas de concentración de torre central (CTC)

2.9.1 Descripción general y configuración.

2.9.2 Tipos de heliostatos y descripción general.

2.9.3 Desempeño óptico de un campo de heliostatos

2.9.4 Principales desviaciones

**Unidad 3. Principales Aplicaciones de Sistemas de Concentración**

**Objetivo:**

3.1 Calor de proceso industrial

3.2 Centrales termosolares

3.3 Química solar

3.4 Desalinización

3.5 Secado y cocción de alimentos



### 3.6 Refrigeración solar

## Unidad 4. Métodos de Diseño

### Objetivo:

#### 4.1 Procesos de simulación

4.1.1 Programas de simulación comerciales: TRNSYS, SAM, y otros.

4.1.2 Datos meteorológicos

4.1.3 Principales limitaciones

#### 4.2 Diseño de sistemas activos:

4.2.1 Método del factor  $f$

4.2.2 Método del factor de “utilizabilidad”

#### 4.3 Diseño de sistemas híbridos.

4.3.1 Método de la razón de carga solar.

4.3.2 Método de ganancia directa.

4.3.3 Otros métodos

## VII. Acervo bibliográfico

### Básico

Duffie, J.; Bechman, W. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes (4th edition). John Wiley & Sons, Inc. USA. ISBN: 978-0470873663

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

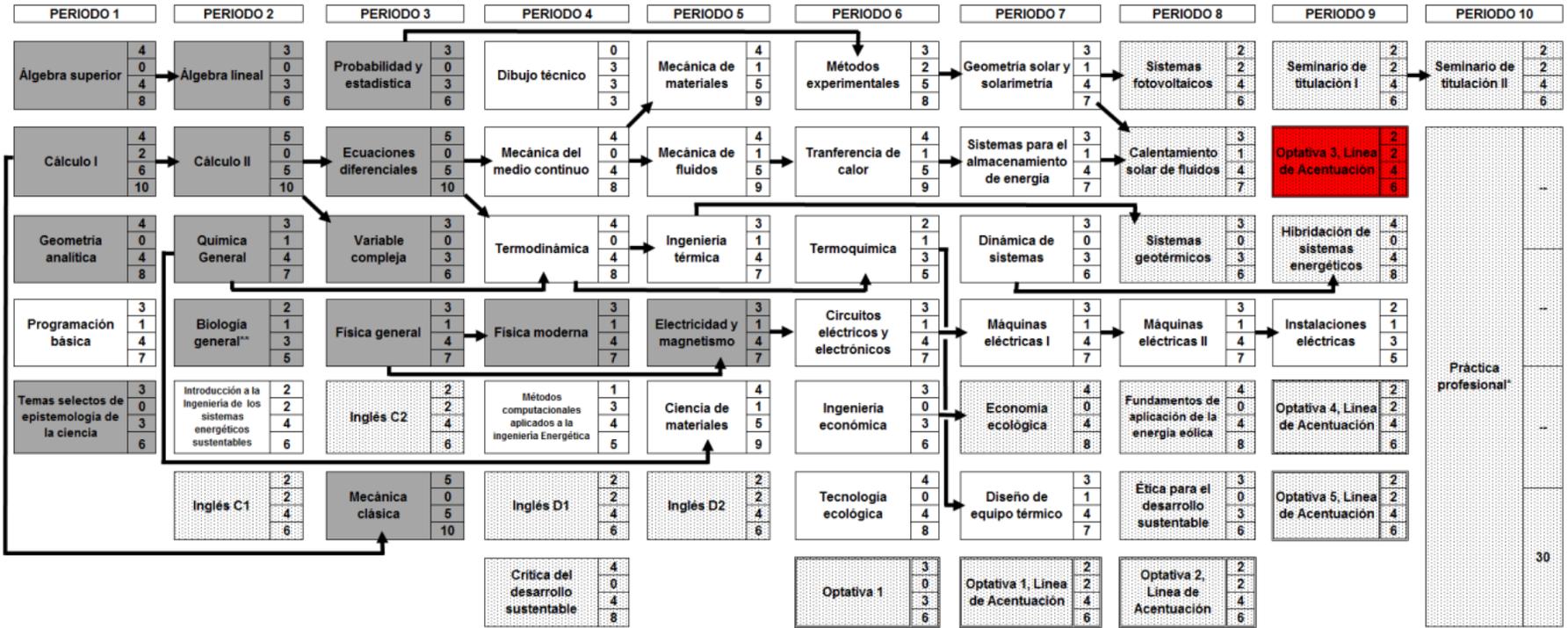
### Complementario

Goswami, Y.; Kreith, F. (2000). Principles of Solar Engineering, (2nd Edition). Taylor & Francis, USA. ISBN: 978-1560327141

Almanza, R.; Muñoz, F. (2003). Ingeniería de la Energía Solar. Serie Ingeniería, editorial Cromocolor. México.



MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES



HT	18
HP	3
TH	21
CR	39

HT	17
HP	6
TH	23
CR	40

HT	21
HP	3
TH	24
CR	45

HT	18
HP	9
TH	27
CR	45

HT	20
HP	7
TH	27
CR	47

HT	22
HP	5
TH	27
CR	49

HT	21
HP	6
TH	27
CR	48

HT	20
HP	6
TH	26
CR	46

HT	14
HP	9
TH	23
CR	37

HT	--
HP	--
TH	--
CR	36

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 ACADEMICA
UA Optativas	6
UA a Acreditar	58 + 1 ACTIVIDAD ACADEMICA
Créditos	432