

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Fotovoltaicos
Clave de la asignatura:	PRi-1710
SATCA¹:	3-4-7
Carrera:	Profesional Asociado en Energías Renovables

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura proporciona al profesional asociado en Energías Renovables los conocimientos técnicos y teóricos necesarios sobre los sistemas fotovoltaicos.

La asignatura de Sistemas Fotovoltaicos aporta el conocimiento de las energías renovables obtenidas mediante el aprovechamiento de la luz solar, permitiendo al egresado dimensionar un proyecto completo hasta su puesta en servicio.

La asignatura consiste en dar a conocer de forma teórica y práctica como se conforma un Sistema Fotovoltaico acorde a cada situación.

La asignatura se relaciona con la asignatura de Instalación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos ya que una vez dimensionado un sistema se debe adquirir los conocimientos técnicos para una instalación y un adecuado mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento.

Intención didáctica

El docente explica cómo nace la energía fotovoltaica, así como su funcionamiento, para lograr que el profesional asociado logre comprender la forma en la que funciona un sistema solar en cada uno de sus componentes, además se da a conocer la forma de dimensionar un sistema a la medida de cada necesidad, se profundiza en cada componente del sistema para lograr que se tenga la capacidad de formar un Sistema Fotovoltaico competente.

El contenido de la asignatura está dividido en 6 temas.

El tema 1 se explica los conceptos básicos de la energía solar fotovoltaica.

El tema 2 comprende todos los componentes que conforman un sistema solar fotovoltaico, de manera breve.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

El tema 3 indica la normatividad aplicada en los sistemas fotovoltaicos. De manera conceptual, pero cuidando que el estudiante los comprenda para su correcta aplicación.

El tema 4 se refiere al y dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos, así como mismo abarca todo lo necesario para calcular un sistema solar fotovoltaico acorde a cada tarifa de la CFE. Se sugiere que el docente vigile en todo momento la manera como se aborda este tema, sin perder la perspectiva de que es para un profesional asociado.

El tema 5 explica los costos y la rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos ya sean interconectados y autónomos. Se aborda de manera práctica.

El tema 6 contempla las diversas áreas en que se aplica un sistema de Energía Fotovoltaico, con el objetivo de proporcionar al estudiante el entorno laboral al que corresponde.

La mejor manera para abordar los contenidos de esta asignatura es ir paso a paso comentando como se desarrolla un sistema solar fotovoltaico y los beneficios que se obtienen de ellos para lograr generar un interés sobre el tema.

La asignatura de Sistemas fotovoltaicos debe tener un enfoque ambiental de tal manera que se logre modificar la manera de ver la energía renovable como algo más que útil en la vida cotidiana.

Las competencias genéricas que se están desarrollando con el tratamiento de los contenidos de esta asignación son: Capacidad de abstracción, análisis y síntesis, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, capacidad para organizar y planificar el tiempo, capacidad de comunicación oral y escrita, habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación, capacidad de aprender y actualizarse permanentemente., capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, habilidad para trabajar en forma autónoma., compromiso con la calidad.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Aguascalientes en mayo de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en junio de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en septiembre de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Durango y La Laguna.	Reunión de Consolidación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce la importancia del sol como principal fuente de energía y una de las principales tecnologías de aprovechamiento de radiación, la fotovoltaica, así como los alcances actuales. • Conoce y aplica los principios básicos de conversión de la energía solar a energía eléctrica. • Identifica los principales parámetros de la tecnología y su evolución. • Identificar y comprender el funcionamiento de las partes que conforman un sistema fotovoltaico y los tipos que hay. • Discute los diferentes tipos de proyectos relacionados a la necesidad de cada caso que se pueda presentar. • Estudia las tarifas de CFE para observar en donde son más rentables los proyectos. • Aplica la Normatividad aplicada a los componentes del sistema.

- Desarrolla practicas en los que adquiere la capacidad de solucionar problemas de elaboración, funcionamiento, mejora, mantenimiento, desarrollo e innovación tecnológica, relacionados con energía solar.
- Desarrolla practicas de cumplimiento de requisitos para los contratos de interconexion con la CFE y la instalación del medidor Bidireccional.
- Desarrolla practicas referente a los difersos tipos de instalaciones .
- Desarrolla practicas de realización de mantenimiento con el objetivo de que el estudiante se conciente de la importancia de los mantenimientos para el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico.

5. Competencias previas

- Aplica los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales de la Electricidad y Magnetismo
- Aplica las técnicas obtenidas en Matemáticas Aplicadas I y II para los desarrollos de proyectos fotovoltaicos.
- Utiliza apropiadamente la habilidad desarrollada en la asignatura previa de circuitos eléctricos referente al empleo de instrumentos de medición y prueba y los aplica en la medición e interpretación de variables eléctricas.
- Aplica los conceptos de los ciclos de Sistemas Térmicos.
- Emplea los conceptos adquiridos en Introducción a las energías Renovables.

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Energía Solar Fotovoltaiica y Fundamentos de energía solar	1.1. Características del recurso solar. 1.2. El Efecto Fotovoltaiico. 1.3. La Celda Fotovoltaiica. 1.4. Desarrollo Histórico de los sistemas fotovoltaiicos. 1.5. Tipos de Celdas solares, estructuras y materiales. 1.6. Pasos esenciales para la fabricación de celdas fotovoltaiicas. 1.7. Vida útil del sistema y garantías de los componentes. 1.8. Degradación del sistema fotovoltaiico.
2	Componentes de un Sistema Fotovoltaiico	2.1. Generador Fotovoltaiico. 2.2. Elementos de una instalación fotovoltaiica. 2.2.1. Módulos fotovoltaiicos. 2.2.2. Estructura metálica.

		<p>2.2.3. Acumuladores y sus ciclos de carga y descarga.</p> <p>2.2.4. Reguladores y controladores de carga.</p> <p>2.2.5. Convertidor CD/CA.</p> <p>2.2.6. Cableado conectores mc4, calibres.</p> <p>2.2.7. Interruptores y sistema de protección de sobre corriente y sobre tensión.</p> <p>2.2.8. Supresor de descargas atmosféricas, sistema de puesta a tierra.</p> <p>2.3. Interconexión de paneles fotovoltaicos: Conexión en serie y paralelo.</p> <p>2.4. Sistemas de comunicación de inversores y monitoreo.</p> <p>2.5. Proceso de instalación de sistema fotovoltaico.</p> <p>2.6. Mantenimiento a los sistemas Fotovoltaicos</p>
3	Mercado para los Sistemas Fotovoltaicos, normatividad nacional y extranjera y tramites con CFE	<p>3.1. Panorama del mercado para los sistemas fotovoltaicos.</p> <p>3.2. Normas internacionales IEC, UL.</p> <p>3.3. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a los sistemas fotovoltaicos.</p> <p>3.4. Tramite de contrato de interconexión y medidor bidireccional con la CFE.</p>
4	Cálculo y Aplicación de Sistemas Fotovoltaicos	<p>4.1. Tarifas eléctricas de CFE.</p> <p>4.2. Análisis de la demanda energética.</p> <p>4.3. Evaluación del recurso solar en página de la NASA.</p> <p>4.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico y todos los componentes necesarios para su</p>

		<p>buen funcionamiento.</p> <p>4.5. Inversor Central o Micro inversor.</p> <p>4.6. Tipo de estructura a utilizar de acuerdo al sitio.</p>
5	Rentabilidad del Sistema Fotovoltaico.	<p>5.1. Análisis de costos.</p> <p>5.2. Análisis Técnico – económico, Relación Beneficio-Costo. Periodo simple de recuperación.</p>
6	Aplicaciones del Sistema Fotovoltaico	<p>6.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos.</p> <p>6.1.1. Sistemas fotovoltaicos en alumbrado público.</p> <p>6.2. Sistema interconectado a la red de CFE.</p> <p>6.3. Sistema fotovoltaico en la vivienda.</p> <p>6.4. Sistemas de bombeo solar.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Energía Solar Fotovoltaica y Fundamentos de energía solar	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las bases del origen de la radiación del sol y su importancia como principal fuente de energía. • Conoce y manipula los diferentes parámetros que determinan las variaciones de radiación solar. • Identifica las condiciones óptimas de máxima captación de radiación solar. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar ejercicios sobre formas de medir y determinar la radiación incidente por longitud y latitud terrestre, mediante la pagina de la NASA. • Determinar intensidades de radiación, horario solar, etc. con el uso de medidores como Solarimetro. • Verificar los parámetros de inclinación y orientacion que determinan las variaciones de radiación sobre una superficie. • Determinar las causas de la degradación de un sistema.

<ul style="list-style-type: none"> Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	
Tema 2. Componentes de un Sistema Fotovoltaico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica cada uno de los componentes de un sistema fotovoltaico. Identifica el equipo adecuado a cada caso. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Capacidad de comunicación oral y escrita Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar visitas a un sistema completo para identificar los componentes de un sistema fotovoltaico. Realizar diferentes casos de fotovoltaicos ya sea autónomo, interconectado, bombeo solar y alumbrado público.
Tema 3 Mercado para los sistemas fotovoltaicos, normatividad nacional y extranjera y tramites con CFE	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los mercados potenciales para los sistemas fotovoltaicos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Capacidad de comunicación oral y 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis de los diferentes mercados en donde un sistema fotovoltaico es más rentable. Investigar las normas que deben tener los componentes de un sistema fotovoltaico para garantizar el buen funcionamiento del sistema. Realizar un trámite de interconexión y medidor bidireccional con CFE. Conocer los requisitos de CFE para

<p>escrita</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>instalar un sistema fotovoltaico y realizar un trámite de interconexión y colocación del medidor bidireccional.</p>
Tema 4. Cálculo y Aplicación de Sistemas Fotovoltaicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica las diferentes tarifas de CFE para lograr dimensionar un sistema adecuadamente. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Capacidad de comunicación oral y escrita Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer los recursos solares en diferentes lugares de acuerdo a su latitud y longitud. Saber dimensionar los diferentes sistemas fotovoltaicos en sus diferentes tipos. Conocer los diferentes Inversores a utilizar Conocer las estructuras que se pueden utilizar en los sistemas fotovoltaicos. Realizar un análisis de varios recibos de CFE con sus respectivas tarifas. Realizar prácticas en la página de la NASA para obtener los recursos solares de diferentes zonas del país. Realizar cálculos de sistemas fotovoltaicos de diferentes tipos. Realizar sistemas fotovoltaicos con los micro-inversores e inversores centrales. Realizar diferentes casos de sistemas fotovoltaicos en donde se apliquen los diferentes tipos de estructuras que existen.
Tema 5. Rentabilidad del sistema fotovoltaico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Conoce los costos que abarca un sistema fotovoltaico completo. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una cotización con el desglose de costos de un sistema fotovoltaico. Realizar el análisis para conocer la relación beneficio costo de un sistema. Realizar el análisis de un sistema para

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>saber el periodo simple de recuperación de la inversión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer la relación beneficio costo de cada caso de un sistema fotovoltaico. • Conocer los periodos simples de recuperación de las inversiones en un sistema fotovoltaico.
<p>Tema 6. Aplicaciones del sistema fotovoltaico</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce y aplica el sistema interconectado a la red de CFE. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un caso de un sistema interconectado a la red. • Realizar un caso práctico de un sistema fotovoltaico autónomo para un caso real. • Realizar un proyecto de alumbrado público con un sistema fotovoltaico autónomo. • Realizar un caso de un sistema de bombeo solar. • Conocer los sistemas fotovoltaicos autónomos y sus componentes. • Conocer los sistemas fotovoltaicos aplicados al alumbrado publico • Conocer un sistema bombeo solar

8. Práctica(s)

1. Realizar una práctica de medición del recurso solar para conocer la irradiación en la zona.
2. Conocer físicamente una celda solar en sus diferentes tipos y enumerar las partes que la componen y comprender su funcionamiento.
3. Conocer físicamente un inversor y las partes que lo componen.
4. Conocer las diferentes estructuras que hay para los sistemas solares, verlas
5. Aplicadas en diferentes casos reales.
6. Conocer los diferentes tipos de acumuladores que hay para sistemas autónomos
7. Y sus características.
8. Conocer un regulador y controlador de carga para los sistemas fotovoltaicos autónomos.
9. Conocer los inversores centrales y los micro inversores.
10. Conocer el cable fotovoltaico adecuado para los sistemas solares.
11. Conocer los tipos de protecciones que son aplicados a los sistemas solares.
12. Realizar una conexión de paneles en serie y en Paralelo.
13. Conocer equipos y los componentes que monitorean la producción en un sistema solar.
14. Identificar los cables adecuados para un sistema solar, así como los conectores MC4.
15. Conocer paso a paso una instalación fotovoltaica en campo.
16. Conocer en campo un sistema fotovoltaico para identificar un mantenimiento necesario en los sistemas
17. Visitar un sistema fotovoltaico en campo para identificar las normas con las que cuentan los equipos instalados.
18. Realizar en CFE un trámite de un contrato de interconexión y de medidor bidireccional.
19. Realizar análisis de diferentes tarifas de CFE.
20. Dimensionar varios casos en diferentes tarifas y diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos.
21. Cotizar un sistema fotovoltaico de cada tipo.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **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 debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Para la evaluación se sugiere utilizar diferentes herramientas tales como: Ejercicios, Reportes de búsqueda de información portafolio del estudiante, Reporte de proyecto; presentaciones.

11. Fuentes de información

1. Duffie, A., and Beckman, A. (2006). Solar Engineering Of Thermal Processes. USA. John Wiley and Sons.
2. Loulou, R., and Waaub, J.P., (2008). Energy and Environment. USA. Springer Science Business.
3. Martin, A. (1995) Green-Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications. USA. Prentice Hall.
4. Cartas, J. (2009), Generación Eléctrica con Energías Renovables. USA. Prentice Hall.
5. Mellado, F. (2007). Energía Solar Fotovoltaica, Madrid. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
6. Kalogirou, S. (2012). Solar energy engineering: processes and systems, USA. Elsevier.
7. SENER, (2012). Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026. México. Gobierno Federal.