

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: **Sistemas Solares Fotovoltaicos y Térmicos**

Carrera: **Ingeniería en Energías Renovables**

Clave de la asignatura: **ERD-1028**

SATCA¹ **2-3-5**

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta las bases para que el Ingeniero en Energías Renovables tenga la capacidad de :

- Diseñar e implementar sistemas y dispositivos de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos, utilizando estrategias para el uso eficiente de la energía en los sectores productivo y de servicios apegado a normas y acuerdos nacionales e internacionales.
- Colaborar en proyectos de investigación para el desarrollo tecnológico, en el área de energías renovables.

Los Sistemas Solares fotovoltaicos y térmicos es una materia que se ocupa del diseño y la evaluación de dispositivos para aprovechar el potencial solar y es una parte esencial, por lo cual, se incluye en el programa de energías renovables. En esta materia se necesitan los fundamentos para materias como Transferencia de calor, Mecánica de Fluidos, y Termodinámica, es necesario conocer y entender los conceptos de energía, trabajo, calor, así como, la aplicación de las Leyes de la Termodinámica

Intención didáctica.

Se organiza el temario, en seis unidades, en la primer unidad se inicia con un panorama de la energía solar y su relación con el medio ambiente así como su sistemas de unidades.

En la segunda unidad, se introduce el concepto de celdas y paneles fotovoltaicos, su dimensionamiento y características. Se explica su uso dimensiones, materiales y tipos de conexiones.

En la tercera unidad, se explican los Sistemas fotovoltaicos autónomos

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

interconectados a la red y se hace énfasis en las normas establecidas para tal efecto.

En la cuarta unidad se dan los fundamentos de la captación y conversión térmica de la radiación solar térmica se explican los conceptos claves para el cálculo de dichos de los sistemas térmicos solares

En la quinta y última unidad se exponen un grupo de aplicaciones de la energía solar térmica y sus características para el diseño y evaluación

En las actividades de aprendizaje sugeridas para cada unidad, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión; la resolución de problemas se hará después de este proceso.

Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia, actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas: <ul style="list-style-type: none">• Dimensionar un sistema solar tanto fotovoltaico como térmico para una aplicación específica.• Diseñar, construir, instalar, mantener y operar sistemas solares fotovoltaicos y térmicos eficientes.	Competencias genéricas: Competencias instrumentales <ul style="list-style-type: none">• 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
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Competencias interpersonales Competencias interpersonales • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales Competencias sistémicas • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Búsqueda del logro
--	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

LUGAR Y FECHA DE ELABORACIÓN O REVISIÓN	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES (CAMBIOS Y JUSTIFICACIÓN)
Instituto Tecnológico de Puebla, del 8 al 12 de junio de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Contexto global y nacional en energía. Marco jurídico nacional e internacional. Justificación de la carrera
Instituto Tecnológico de Puerto Vallarta, del 10 al 14 de Agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Villahermosa, Orizaba y La Laguna.	Reunión de Diseño curricular de la carrera, definiendo la retícula y los programas sintéticos.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de agosto de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Toluca, Saltillo, Minatitlán y Villahermosa	Formulación de programas desarrollados para las materias de primer semestre
Instituto Tecnológico de Minatitlán del 28 de agosto del 2009 al 21 de mayo de 2010.	Representante de la Academia de Metal Mecánica.	Formulación de propuesta de programa desarrollado por competencias.

Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, León, Mexicali, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Reunión Nacional de Consolidación de la carrera de Ingeniería en energías renovables.
---	---	---

5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

- Dimensionar un sistema solar tanto fotovoltaico como térmico para una aplicación específica.
- Diseñar, construir, instalar, mantener y operar sistemas solares fotovoltaicos y térmicos eficientes.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Interpretar características de transferencia en el plano tensión-corriente
- Interpretar circuitos electrónicos de potencia
- Definir modos de operación de los convertidores electrónicos de potencia
- Definir e interpretar regímenes de operación de la red eléctrica
- Utilizar paquetes computacionales para análisis de circuitos electrónicos de potencia.
- Interpretar las Leyes de la termodinámica y de la transferencia de calor.
- Realizar Balances de materia y de energía en sistemas térmicos.
- Manejar instrumentos de medición

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción	1.1 Mapas de insolación y estimación de energía disponible 1.2 Fundamentos de Radiación Solar 1.3 Definiciones Básicas 1.4 Disponibilidad de la energía solar 1.5 El Sol. La Constante Solar. 1.6 Limitaciones 1.7 Distribución espectral de la radiación

		<p>extraterrestre</p> <p>1.8 Definiciones de parámetros fundamentales</p> <p>1.9 Cinemática Solar. Cálculo de la Radiación Solar</p> <p>1.10 Definición de ángulos para orientación de superficie captadora</p> <p>1.11 Medición de la radiación solar</p> <p>1.12 Determinación de la radiación solar incidente sobre una superficie orientada</p> <p>1.13 Aspectos económicos.</p> <p>1.14 Unidades de medición de la radiación solar.</p>
2	Celdas y paneles fotovoltaicos	<p>2.1 El efecto fotoeléctrico</p> <p>2.2 Materiales semiconductores y eficiencia ideal</p> <p>2.3 Características, eficiencia, curva tensión-corriente, punto de máxima potencia de las celdas de silicio cristalino y amorfo, de película delgada, y de alto rendimiento (Ga-As)</p> <p>2.4 Celda, panel y arreglo fotovoltaico</p> <p>2.5 Conexión en serie y en paralelo de celdas.</p> <p>2.6 Plantas eléctricas solares, su selección y dimensionamiento.</p> <p>2.7 Características mecánicas</p> <p>2.8 Características térmicas y efecto de sombreados</p> <p>2.9 Orientación del arreglo</p> <p>2.10 Confiabilidad de los paneles</p> <p>2.11 Técnicas y normas de montaje de paneles solares.</p>
3	Sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a la red	<p>3.1 Producción de energía en un arreglo fotovoltaico, cálculos de rendimiento energético</p> <p>3.2 Arquitectura básica, sistemas de una, dos y tres etapas</p> <p>3.3 Elementos de almacenamiento de energía: baterías para régimen cíclico de descarga profunda. Cargadores de baterías</p> <p>3.4 Ejemplos de aplicación: bombeo fotovoltaico, iluminación, etc.</p> <p>3.4 Cálculos de rendimiento energético</p> <p>3.6 Arquitectura en sistemas de una, dos y tres etapas</p> <p>3.7 Seguimiento del punto de máxima potencia</p> <p>3.8 Medios de interconexión a la red</p> <p>3.9 Normatividad: operación en modo isla (islanding)</p> <p>3.10 Normatividad: armónicos, factor de potencia</p>

		y calidad de la energía
4	Captación y conversión de la radiación solar térmica	4.1 Propiedades radiactivas de los materiales 4.2 Definición de parámetros ópticos y leyes fundamentales. 4.3 Cuerpo negro 4.4 Superficie selectiva 4.5 Efecto invernadero 4.6 Colectores planos 4.7 Colectores concentradores
5	Aplicaciones de la energía solar térmica	6.1 Colectores Solares planos. Eficiencia 6.2 Colectores con concentración. 6.3 Secadores Solares 6.4 Destiladores Solares 6.5 Cocinas solares 6.6 Evaporadores 6.7 Refrigeración Solar y climatización. 6.8 Dimensionamiento de sistemas térmicos 6.9 Instalación y Mantenimiento de equipos solares térmicos 6.10 Requerimientos de agua caliente en edificaciones 6.11 Sistemas de agua caliente sanitaria 6.12 Calefacción por agua caliente 6.13 Modelaje y diseño de sistemas de calentamiento 6.14 Calor solar para procesos industriales 6.15 Tipos de sistemas industriales aplicables 6.16 Diseño y construcción de cocinas solares: 6.16.1 De efecto invernadero y cuerpo negro. 6.16.2 De efecto invernadero, cuerpo negro, superficie selectiva y concentración 6.17 Tiempo de cocimiento y sabor de la comida 6.18 Uso de materiales que no contaminan 6.19 Modelos matemáticos para evaluar la potencia solar en un lugar de la tierra.

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

El profesor debe:

- Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas.
- Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones.
- Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes.
- Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida
- Propiciar actividades de meta cognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de desarrollo sustentable.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de software para la resolución de problemas.
- Propiciar el uso de normas para la resolución de los problemas

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Observación del desempeño del alumno durante la realización trabajos e investigaciones encomendadas
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de solución de problemas prácticos, así como, las conclusiones obtenidas
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reportes escritos de las prácticas experimentales
- Implementación del seguimiento del punto de máxima potencia en un sistema fotovoltaico piloto.
- Especificación de un sistema de bombeo fotovoltaico par una aplicación pecuaria tipo.
- Verificación del modo de operación en isla, de acuerdo a procedimientos de norma
- Desarrollo de un proyecto sobre diseño de un sistema solar térmico y de un sistema solar fotovoltaico

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Determinar la radiación solar incidente sobre una superficie orientada desde el punto de vista analítico y experimental, utilizando modelos matemáticos y la instrumentación adecuada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los conceptos básicos de radiación solar incidente. • Realizar un mapa donde relacionen los conceptos básicos analizados con anterioridad y exponer ante el grupo. • Deducir las propiedades y características de la radiación solar. • Resolver y explicar la solución de problemas que involucren despejes de variables, análisis dimensional y conversiones de unidades de radiación solar. • Investigar y analizar la definición de

	<p>constante solar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar y realizar un reporte acerca de los mediciones de radiación solar. • Resolver problemas de cálculo de la radiación solar. • Medir la radiación solar incidente
--	---

UNIDAD 2: CELDAS Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar los principios de funcionamiento de las celdas y paneles solares así como las normas de su construcción, montaje y mantenimiento. • Interpretar el cálculo de eficiencia de las celdas solares • Dimensionar y seleccionar una planta eléctrica fotovoltaica 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar diálogo- discusión de ideas para recordar los conceptos básicos de funcionamiento de una celda solar. • Investigar y realizar una clasificación de los materiales de construcción de las celdas. • Investigar y hacer un resumen de los tipos de conexiones de las celdas. • Interpretar las características, eficiencia, curva tensión-corriente, punto de máxima potencia de las celdas de silicio cristalino y amorfo, de película delgada, y de alto rendimiento (Ga-As) • Investigar, hacer un resumen y analizar los conceptos básicos de la construcción de las plantas solares fotovoltaicas. • Resolver problemas que involucren el cálculo de la eficiencia en las plantas eléctricas solares. • Investigar y hacer un resumen de los conceptos del efecto fotoeléctrico. • Analizar e interpretar las curvas de tensión potencia y el punto de máxima eficiencia de una celda.

UNIDAD 3: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS E INTERCONECTADOS A LA RED

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Calcular el rendimiento energético fotovoltaico de un 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y hacer un mapa conceptual para definir los elementos de un

<p>sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpretar la normatividad para la selección de los sistemas solares fotovoltaicos autónomos e interconectados. 	<p>sistema solar fotovoltaico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diferentes ejemplos de aplicación de los sistemas solares fotovoltaicos así como su dimensionamiento.. • Resolver problemas que involucren el cálculo de la capacidad necesaria para un sistema solar fotovoltaico. • Analizar el concepto de la Entalpía • Investigar y hacer un cuadro de clasificación del calor específico a presión y volumen constante. • Resolver problemas para calcular los rendimientos de un sistema interconectado. • Investigar las normas de aplicación nacionales e internacionales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico interconectado. • Evaluar económicamente un sistema solar fotovoltaico a partir de una necesidad de consumo.
--	--

UNIDAD 4: CAPTACIÓN Y CONVERSIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR TÉRMICA

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar los parámetros y características de la captación de la energía solar térmica. • Interpretar las leyes fundamentales sobre la radiación solar térmica y aplicarlas en sistemas reales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diálogo-discusión de ideas sobre la definición e importancia de la energía solar térmica • Investigación documental sobre las propiedades radiactivas de los materiales, para realizar una exposición en clase. • Analizar el significado real del efecto invernadero y la eficiencia de los sistemas solares térmicos. • Resolver problemas de cálculo de eficiencia térmica y coeficientes de operación en sistemas solares térmicos. • Investigar y realizar un resumen sobre

	<p>las características del cuerpo negro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la importancia de modelar los procesos de los sistemas solares térmicos.
--	---

UNIDAD 5: APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Diseñar, seleccionar y evaluar sistemas y dispositivos que utilicen la energía solar térmica en diferentes situaciones de acuerdo a las necesidades reales del entorno social.	<ul style="list-style-type: none"> • Describir los diferentes tipos de aplicaciones de la energía solar térmica a través de un mapa conceptual. • Diseñar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Seleccionar sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Dimensionar un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Describir los elementos de la instalación de un sistema solar térmico • Resumir las normas de mantenimiento de un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Evaluar energéticamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo. • Evaluar económicamente un sistema solar térmico a partir de una necesidad de consumo.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Energía Solar Fotovoltaica. Miguel Pareja Aparicio. Editorial Marcombo
2. Guía completa de la energía solar térmica, José María Fernández Salgado, ISBN 9788496709027, 2007, 1a. Edición.
3. Guía completa de la energía solar fotovoltaica, José María Fernández Salgado, ISBN 9788487440458, 2007, 1a. Edición.
4. La casa solar, guía de diseño construcción y mantenimiento, Terry Galloway, ISBN 9788487440045, 2006, 1a. Ed.

5. Solar Engineering in thermal Proceses, Second Edition, John A. Duffie, William A. Beckman, ED. John Wiley And Sons. 1980
6. Manuales sobre energía renovable Solar Térmica, San José Costa Rica, Ed. Bun-ca,

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Identificación y análisis de los componentes de un sistema fotovoltaico
- Operación básica de un sistema fotovoltaico autónomo, identificación de los diferentes regímenes de operación
- Operación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, identificación del régimen de seguimiento del punto de máxima potencia.
- Modelado en paquetes computacionales
- Evaluación de las características de la tensión generada por un sistema fotovoltaico: tensión de salida y rendimiento espectral.
- Evaluación energética de un sistema solar térmico seleccionado.