

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

Unidad responsable: 820 - EUETIB - Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona  
Unidad que imparte: 710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica  
Curso: 2014  
Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2013). (Unidad docente Optativa)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES (Plan 2012). (Unidad docente Optativa)  
Créditos ECTS: 5 Idiomas docencia: Castellano, Inglés

### Profesorado

Responsable: Rafael Martin Lamaison Urioste

Otros: Santiago Silvestre Berges

### Horario de atención

Horario: - Se publicará en la intranet docente.

### Capacidades previas

- Fundamentos de ingeniería eléctrica

### Requisitos

- No tiene requisitos específicos.

### Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Específicas:

CEMT-1. Entender, describir y analizar, de forma clara y amplia toda la cadena de conversión energética, desde su estado como fuente de energía hasta su uso como servicio energético. Identificar, describir y analizar la situación y características de los distintos recursos energéticos y de los usos finales de la energía, en sus dimensiones económica, social y ambiental; y formular juicios valorativos.

CEMT-4. Realizar de forma eficiente la obtención de datos de recursos renovables de energía y su tratamiento estadístico, así como aplicar conocimientos y criterios de valoración en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de recursos renovables de energía, tanto para sistemas aislados como conectados a red. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito del aprovechamiento de los recursos renovables de energía.

CEMT-6. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo eléctrico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones eléctricas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía eléctrica.

CEMT-7. Analizar el comportamiento de equipos e instalaciones en operación a fin de elaborar un diagnóstico valorativo sobre su régimen de explotación y de establecer medidas dirigidas a mejorar la eficiencia energética de los mismos.

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

### Metodologías docentes

#### Metodologías docentes

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes metodologías docentes:

- Clase magistral o conferencia (EXP): exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas.
- Clases participativas (PARTE): resolución colectiva de ejercicios, realización de debates y dinámicas de grupo con el profesor y otros estudiantes en el aula; presentación en el aula de una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos.
- Trabajo teórico-práctico dirigido (TD): realización en el aula de una actividad o ejercicio de carácter teórico o práctico, individualmente o en grupos reducidos, con el asesoramiento del profesor.
- Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): aprendizaje basado en la realización, individual o en grupo, de un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.
- Proyecto o trabajo de amplio alcance (PA): aprendizaje basado en el diseño, la planificación y realización en grupo de un proyecto o trabajo de amplia complejidad o extensión, aplicando y ampliando conocimientos y redactando una memoria donde se vierte el planteamiento de este y los resultados y conclusiones.
- Actividades de Evaluación (EV).

#### Actividades formativas:

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes actividades formativas:

- Presenciales
  - o Clases magistrales y conferencias (CM): conocer, comprender y sintetizar los conocimientos expuestos por el profesor mediante clases magistrales o bien por conferenciantes (presencial).
  - o Clases participativas (CP): participar en la resolución colectiva de ejercicios, así como en debates y dinámicas de grupo, con el profesor y otros estudiantes en el aula (presencial).
  - o Presentaciones (PS): presentar en el aula una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos (presencial).
  - o Trabajo teórico práctico dirigido (TD): realizar en el aula una actividad o ejercicio de carácter teórico o práctico, individualmente o en grupos reducidos, con el asesoramiento del profesor (presencial).
- No Presenciales
  - o Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): llevar a cabo, individualmente o en grupo, un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados (no presencial).
  - o Proyecto o trabajo de amplio alcance (PA): diseñar, planificar y llevar a cabo individualmente o en grupo un proyecto o trabajo de amplia complejidad o extensión, aplicando y ampliando conocimientos y redactando una memoria donde se vierte el planteamiento de éste y los resultados y conclusiones (no presencial).
  - o Estudio autónomo (EA): estudiar o ampliar los contenidos de la materia de forma individual o en grupo, comprendiendo, asimilando, analizando y sintetizando conocimientos (no presencial).

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

#### Objetivos

El ámbito de la asignatura corresponde a las tecnologías de aprovechamiento energético del sol que utiliza el efecto fotovoltaico. En este ámbito se pretende que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para la descripción y selección de equipos, así como para el cálculo de prestaciones de los diferentes componentes del sistema y los aspectos de análisis y diseño de instalaciones preexistentes a nivel básico o de pre-proyecto. Se pretende dar un visión global de las tecnologías y métodos que permita al estudiante hacer valoraciones y estudios de alternativas en la realización de proyectos de ingeniería tanto en sistemas fotovoltaicos autónomos como en sistemas

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

fotovoltaicos conectados a la red.

### Resultados del aprendizaje

Al final del curso, el alumno será capaz de:

- comprender el papel de la energía solar en el contexto del sistema regional y mundial de la energía, sus connotaciones económicas, sociales y ambientales, y el impacto de la tecnología en un contexto local y global.
- comprender los principios físicos de las celdas fotovoltaicas (PV) y cuáles son sus fuentes de pérdidas.
- comprender y aplicar los conceptos básicos de la radiación solar necesarios para dimensionar instalaciones de sistemas fotovoltaicos.
- conocer las características eléctricas (corriente-voltaje y potencia-tensión) de la celda solar, panel o generador y cómo influyen en ella los parámetros medioambientales.
- conocer las características más importantes de los elementos dentro de una instalación fotovoltaica y cómo funcionan: batería y regulador de carga, convertidor CC / CC, convertidor CC / CA (inversor) y cargas.
- conocer y utilizar una herramienta de software para la ingeniería de sistemas fotovoltaicos.
- conocer las organizaciones pertinentes, importantes proyectos a nivel internacional, las principales fuentes de información y regulaciones relacionadas con la tecnología solar fotovoltaica.
- conocer algunas aplicaciones prácticas que utilizan los sistemas solares fotovoltaicos y especificar, analizar y diseñar (dimensionar) un sistema fotovoltaico autónomo y obtener la energía producida por los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.
- conocer y ser capaz de analizar el comportamiento de la demanda de auto-consumo y la medición de la gestión de la red.
- llevar a cabo un proyecto de ingeniería básica relacionado con el suministro de energía mediante tecnología solar fotovoltaica.
- conocer las principales líneas de investigación en el campo de la energía solar fotovoltaica.
- aportar ideas innovadoras en el campo de la energía solar fotovoltaica.

### Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 125h	Horas grupo grande:	0h	0.00%
	Horas grupo mediano:	0h	0.00%
	Horas grupo pequeño:	30h	24.00%
	Horas actividades dirigidas:	15h	12.00%
	Horas aprendizaje autónomo:	80h	64.00%

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

### Contenidos

<p>1. Introducción a la Energía Solar Fotovoltaica</p>	<p>Dedicación: 4h Grupo grande/Teoría: 2h Aprendizaje autónomo: 2h</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye el contenido: CEMT-1 (Específicas)</p> <p>Descripción: Introducción a la energía solar fotovoltaica con discusión de sus ventajas e inconvenientes y descripción de los componentes de un sistema fotovoltaico y de las aplicaciones típicas.</p> <p>Actividades vinculadas: Ninguna</p> <p>Objetivos específicos: Que el estudiante conozca las posibilidades y aplicaciones de los sistemas solares fotovoltaicos.</p>	
<p>2. Radiación Solar</p>	<p>Dedicación: 4h Grupo grande/Teoría: 2h Aprendizaje autónomo: 2h</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye el contenido: CEMT-1 (Específicas)</p> <p>Descripción: Introducción a la radiación solar ya algunos conceptos importantes relacionados como el cuerpo negro, el espectro solar, irradiancia, irradiación, masa de aire y hora pico solar. El estudiante, además empleará PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), que es una herramienta que provee promedios mensuales y anuales de la radiación global en superficies horizontales e inclinadas, así como otros datos climáticos relacionados con la energía solar fotovoltaica.</p> <p>Actividades vinculadas: Ninguna</p> <p>Objetivos específicos: Que el estudiante adquiera el conocimiento sobre los conceptos más importantes de la radiación solar empleando sistemas fotovoltaicos y aprenda a utilizar la herramienta PVGIS.</p>	

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

<h3>3. Sistemas Fotovoltaicos</h3>	<p>Dedicación: 44h 20m</p> <p>Grupo grande/Teoría: 8h          Grupo pequeño/Laboratorio: 4h          Actividades dirigidas: 5h          Aprendizaje autónomo: 27h 20m</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye el contenido:</p> <p>CEMT-1 (Específicas)          CEMT-4 (Específicas)          CEMT-7 (Específicas)</p> <p>Descripción:</p> <p>Descripción:</p> <p>En la primera parte se presenta el comportamiento eléctrico de una célula solar fotovoltaica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentos de los principios físicos de la célula fotovoltaica: el efecto fotovoltaico y cómo funciona una célula fotovoltaica.</li> <li>- El comportamiento eléctrico de un diodo y su curva.</li> <li>- La célula solar iluminada con su símbolo, circuito equivalente, ecuaciones y curvas IV.</li> <li>- Parámetros importantes como la corriente de cortocircuito (<math>I_{sc}</math>), el voltaje de circuito abierto (<math>V_{oc}</math>), el voltaje y la corriente en el punto de máxima potencia, la eficiencia y el factor de forma (FF).</li> <li>- La curva PV y los principales factores que afectan el rendimiento de la célula solar.</li> <li>- El efecto de los factores atmosféricos y sombras en una serie de módulos fotovoltaicos y su efecto en la curva IV.</li> </ul> <p>En la segunda parte se trata sobre el Balance del Sistema (BOS) y los tipos de sistemas fotovoltaicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baterías.</li> <li>- Reguladores.</li> <li>- Convertidores CC / CC.</li> <li>- Inversores (CC / CA).</li> <li>- Convertidor CC / CC como seguidor del punto de máxima potencia (MPPT).</li> <li>- Diferentes configuraciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a la red.</li> </ul> <p>Actividades vinculadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejercicios de sistemas fotovoltaicos.</li> </ol> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Que los estudiantes adquieran el conocimiento y las habilidades necesarias para la descripción, selección, análisis y dimensionado de diferentes componentes en cuanto a un sistema fotovoltaico con diferentes configuraciones.</p>	

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

<p>4. Análisis, dimensionado y mantenimiento de instalaciones empleando sistemas fotovoltaicos</p>	<p>Dedicación: 72h 40m          Grupo grande/Teoría: 10h 20m          Grupo pequeño/Laboratorio: 6h 20m          Actividades dirigidas: 7h          Aprendizaje autónomo: 49h</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye el contenido:          CEMT-1 (Específicas)          CEMT-4 (Específicas)          CEMT-6 (Específicas)          CEMT-7 (Específicas)</p> <p>Descripción:          - Dimensionado de un sistema autónomo            o Ejemplos de diseño y cálculo de instalaciones fotovoltaicas para diferentes tipos de aplicaciones (sistemas residenciales, bombeo de agua, etc).          - Diseño y obtención de la energía producida a partir de sistemas fotovoltaicos conectados a red (GCPVS).          - Simulación de sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a la red, utilizando el programa (software) PVSOL.          - Video-presentacion de instalaciones fotovoltaicas.</p> <p>Actividades vinculadas:          2. Proyecto de sistemas autónomos y conectados a red.</p> <p>Objetivos específicos:          Que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo un proyecto de sistemas autónomos y conectados a la red, así como que conozcan los diferentes tipos de instalaciones eléctricas fotovoltaicas con sus protecciones.</p>	

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

### Planificación de actividades

<p>1. Ejercicios de Sistemas Fotovoltaicos</p>	<p>Dedicación: 34h Actividades dirigidas: 6h Aprendizaje autónomo: 22h Grupo pequeño/Laboratorio: 6h</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye la actividad:</p> <p>CEMT-4 (Realizar de forma eficiente la obtención de datos de recursos renovables de energía y su tratamiento estadístico, así como aplicar conocimientos y criterios de valoración en el diseño y evaluación de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de recursos renovables de energía, tanto para sistemas aislados como conectados a red. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito del aprovechamiento de los recursos renovables de energía.)</p> <p>Descripción: Resolución de ejercicios en clase de forma individual o en grupos pequeños con el asesoramiento del profesor y ejercicios para resolver individualmente.</p> <p>Material de soporte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejemplos de problemas resueltos</li> <li>- Enunciados de problemas con respuestas (autoaprendizaje)</li> <li>- Enunciados de problemas a resolver (evaluación continua)</li> </ul> <p>Descripción de la entrega esperada y vínculos con la evaluación: Resolución de los ejercicios propuestos para resolver en casa de forma individual o en pequeños grupos.</p> <p>Objetivos específicos: Profundizar en los conocimientos teóricos y en su aplicación a la resolución de problemas relacionado con los sistemas fotovoltaicos.</p>	
<p>2. Proyecto de sistemas autónomos y conectados a red</p>	<p>Dedicación: 55h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h Aprendizaje autónomo: 37h Actividades dirigidas: 10h</p>
<p>Competencias de la titulación a las que contribuye la actividad:</p> <p>CEMT-6 (Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo eléctrico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones eléctricas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía eléctrica.)</p> <p>CEMT-7 (Analizar el comportamiento de equipos e instalaciones en operación a fin de elaborar un diagnóstico valorativo sobre su régimen de explotación y de establecer medidas dirigidas a mejorar la eficiencia energética de los mismos.)</p> <p>Descripción: Aprendizaje basado en el diseño y planificación de un proyecto, trabajando en grupos, para aplicar y ampliar conocimiento. Redacción de un informe, que describe el enfoque, los resultados y las conclusiones. Los estudiantes deben diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo o conectado a red.</p> <p>Material de soporte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejemplos de proyectos fotovoltaicos autónomos y conectados a la red.</li> <li>- Programa informático: PVSOL.</li> <li>- Presentación en video que muestra algunas instalaciones fotovoltaicas.</li> </ul>	

## 820740 - ESF - Energía Solar Fotovoltaica (VERSIÓN DE TRABAJO)

Descripción de la entrega esperada y vínculos con la evaluación:  
Informe del proyecto.

Objetivos específicos:

El alumno adquirirá las habilidades para seleccionar y dimensionar los componentes y equipos más adecuados para un proyecto solar fotovoltaico, así como los pasos necesarios para llevarlo a cabo.

### Sistema de calificación

Prueba escrita de control de conocimientos (PE): 60%

Trabajos realizados en forma individual o en grupo a lo largo del curso (TR): 40%

### Normas de realización de las actividades

Para la prueba escrita de control de conocimientos el estudiante podrá disponer sólo de un formulario y una calculadora programable.

Las normas específicas de los trabajos individuales y en grupo se publicarán en la intranet docente.

### Bibliografía

Complementaria:

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie. Planning & Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers. 3 (7 de junio de 2013). Routledge, 2013. ISBN 978-1849713436.

Antonio Luque, Steven HegedusAntonio . Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Second EditionHandbook of Photovoltaic Science and Engineering, Second Edition. 1 MAR 2011. 2011. ISBN 9780470974704.

Luis Castaner, Santiago Silvestre. Modelling Photovoltaic Systems Using PSPICE. Edición: 1 (1 de diciembre de 2002). Ieee Computer Soc Pr, 2002. ISBN 978-0470845271.

Miguel Alonso Abella. Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. AMV Ediciones, 2005. ISBN 84-86913-12-8.

Enrique Alcor Cabrerizo. Instalaciones solares fotovoltaicas. Tercera edición 2002. PROGENSA, 2002. ISBN 84-95693-00-3.

Universität Kassel. Photovoltaic Systems Technology . SS 2003. 2003.