



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53002015 - Energía Solar Térmica De Baja Temperatura

PLAN DE ESTUDIOS

05BK - Master Universitario En Ingeniería De La Energía

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Conocimientos previos recomendados..... | 2 |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2 |
| 5. Descripción de la asignatura y temario..... | 4 |
| 6. Cronograma..... | 6 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 8 |
| 8. Recursos didácticos..... | 11 |
| 9. Otra información..... | 13 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 53002015 - Energía Solar Térmica de Baja Temperatura |
| No de créditos | 3 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Segundo semestre |
| Período de impartición | Febrero-Junio |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 05BK - Master Universitario en Ingeniería de la Energía |
| Centro responsable de la titulación | 05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales |
| Curso académico | 2021-22 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|-----------------|---------------------------|--|
| Juan Mario Garcia De Maria (Coordinador/a) | A-325 (ETSIDI) | juanmario.garcia@upm.es | Sin horario. Ver tutorías de profesorado en http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/ |
| Marina Camarasa Rius | A-325 (ETSIDI) | marina.camarasa@upm.es | Sin horario. Ver tutorías de profesorado en http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/ |

| | | | |
|--|--------------|---|--|
| <p>Maria Isabel De Andres Garcia</p> | <p>C-301</p> | <p>mariaisabel.deandres@upm. es</p> | <p>Sin horario. Ver tutorías de profesorado en http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias/</p> |
|--|--------------|---|--|

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de la Energía no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Transferencia de calor y de materia

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CE1 - Ser capaz de aplicar conocimientos y capacidades a estudiar, analizar y auditar programas de optimización energética en los diferentes sectores industriales, residenciales, domésticos, plantas de potencia y a la industria térmica y de fluidos en general, en los ámbitos de la eficiencia, la diversificación y la reducción de su impacto en el medio ambiente.

CE10 - Evaluar el potencial energético de las fuentes de energía renovable: radiación solar, recurso eólico, recurso hidráulico, potencial energético de la biomasa, recurso energético marino, geotérmico, etc.; a partir de las bases de datos meteorológicas y recursos naturales.

CE3 - Utilizar las herramientas necesarias para el diseño y análisis de sistemas de generación, transformación,

almacenamiento y utilización de energías nucleares, mecánicas, eléctricas, térmicas e hidráulicas.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos energéticos, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales avanzadas.

CG8 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas de la Ingeniería Energética en sus actividades profesionales o investigadoras.

CT1 - Aplica. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.

CT10 - Conoce. Conocimiento de los temas contemporáneos.

CT11 - Usa herramientas. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.

CT12 - Es bilingüe. Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/español).

CT3 - Diseña. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.

CT4 - Trabaja en equipo. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

CT5 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CT6 - Es responsable. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

CT7 - Comunica. Habilidad para comunicar eficazmente.

CT8 - Entiende los impactos. Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.

CT9 - Se actualiza. Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA132 - Conocer nuevos materiales y procesos susceptibles de ser utilizados en sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica

RA131 - Saber aplicar las herramientas específicas de cálculo y simulación para instalaciones térmicas de baja temperatura

RA125 - Conocer los principales ámbitos de aplicación de la energía solar térmica de baja temperatura (doméstico-residencial, terciario, agrícola, industrial) y la normativa correspondiente.

RA126 - Conocer las tecnologías y el funcionamiento de los componentes y subsistemas sistemas solares térmicos de baja temperatura

RA129 - Aplicar criterios de eficiencia energética y tecnología disponible para mejorar los sistemas solares térmicos de baja temperatura

RA128 - Ser capaz de diseñar, calcular y proyectar instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura para cualquier tipo de aplicación.

RA130 - Realizar el análisis energético de captadores solares y del conjunto de una instalación solar térmica

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo principal de la asignatura es proporcionar la formación necesaria relacionada con la conversión térmica a baja temperatura del recurso solar. En la asignatura se estudian las tecnologías, componentes y sistemas necesarios para el aprovechamiento de la energía solar desde el punto de vista térmico. Se proporcionan los métodos necesarios para el diseño, dimensionado, cálculo y ejecución de las instalaciones correspondientes, en el contexto regulatorio y normativo español.

5.2. Temario de la asignatura

1. Radiación solar
 - 1.1. Distribución espectral y componentes de la radiación solar
 - 1.2. Trayectorias solares
 - 1.3. Datos de irradiación solar sobre superficie horizontal y cálculo para superficies inclinadas
2. Transmisión de calor en sistemas de solar térmica
 - 2.1. Fundamentos
 - 2.2. Propiedades radiativas de superficies. Comportamiento frente a la radiación solar
3. Instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura (BT)
 - 3.1. Tipología de las instalaciones
 - 3.2. Componentes y subsistemas de una instalación solar térmica
 - 3.3. Subsistemas de captación y acumulación
4. Aplicaciones de la energía solar térmica en la edificación
 - 4.1. Aplicaciones para ACS, calefacción y piscinas
 - 4.2. Normativa sobre instalaciones de solar térmica de BT
5. Diseño, cálculo y dimensionado de instalaciones solares de BT
6. Simulación y análisis energético de instalaciones solares de BT
7. Aplicaciones en procesos industriales
8. Sistemas de refrigeración solar
 - 8.1. Tecnologías de refrigeración solar
 - 8.2. Componentes de las instalaciones de refrigeración solar
9. Actualidad de la energía solar térmica de BT
 - 9.1. Panorama de la energía solar térmica de BT en Europa y en el mundo
 - 9.2. Nuevas tecnologías y materiales para el aprovechamiento de energía solar térmica de BT

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad presencial en aula | Actividad presencial en laboratorio | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|---|--|----------------|--|
| 1 | T1. Radiación solar Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T1. Radiación solar Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 2 | T2. Transmisión de calor en ST Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T2. Transmisión de calor en ST Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 3 | T3. Instalaciones de EST Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 4 | T3. Instalaciones de EST Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 5 | T4. Aplicaciones a la edificación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 6 | T4. Aplicaciones a la edificación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 7 | T5. Diseño y dimensionado Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral T5. Diseño y dimensionado Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 8 | T5. Diseño y dimensionado Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 9 | T6. Simulación y análisis Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 10 | | T6. Simulación y análisis Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio | | Trabajo de dimensionado de instalación EST PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00 |

| | | | | |
|----|--|--|--|---|
| 11 | | T6. Simulación y análisis Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio | | |
| 12 | T7. Refrigeración solar Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 13 | T7. Refrigeración solar Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas T8. Aplicación procesos industriales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 14 | T7. Actualidad solar térmica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 15 | | | | Trabajo de simulación energética de instalaciones EST TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00 |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|---|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 10 | Trabajo de dimensionado de instalación EST | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | No Presencial | 00:00 | 30% | 5 / 10 | CT5 CT6 CE10 CG2 CT3 CT7 CE1 CE3 CT4 |
| 15 | Trabajo de simulación energética de instalaciones EST | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00 | 30% | 5 / 10 | CG8 CT5 CE10 CG2 CB10 CT3 CT7 CT8 CT11 CT12 CE1 CE3 |
| 17 | Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 40% | 3 / 10 | CE10 CG2 CT1 CT3 CT7 CT10 CE1 CT5 |

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
|-----|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|

| | | | | | | | |
|----|--------------|-------------------------------------|------------|-------|------|--------|---|
| 17 | Examen Final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:30 | 100% | 5 / 10 | CT4 CG8 CT5 CT6 CE10 CG2 CT1 CB10 CT3 CT7 CT8 CT10 CT11 CT12 CE1 CE3 |
|----|--------------|-------------------------------------|------------|-------|------|--------|---|

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Examen convocatoria extraordinaria | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:30 | 100% | 5 / 10 | CT5 CT6 CG8 CT4 CE10 CG2 CT1 CB10 CT3 CT7 CT8 CT10 CT11 CT12 CE1 CE3 |

7.2. Criterios de evaluación

CONVOCATORIA ORDINARIA

a) Opción de Evaluación Continua

La opción de evaluación continua para la asignatura de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura comprende tanto el control del aprendizaje a lo largo curso como un examen al finalizarlo que abarcará todos los contenidos del programa. Se realizará control de asistencia en todas las clases teóricas y prácticas. Solo se permitirá un 10% de faltas respecto al tiempo total por causas justificadas documentalmente.

A lo largo del curso los alumnos entregarán dos trabajos o tareas (T1 y T2) que consisten en la resolución de ejercicios o casos prácticos de dimensionado de sistemas que se les planteen. Siempre que el tamaño del grupo lo permita, los trabajos son individuales. La realización y entrega de dichos trabajos es obligatoria.

La evaluación continua no es liberatoria de materia del programa y todos los alumnos deben realizar además un examen final (EF). Éste constará de dos partes: una teórica con un peso aproximado del 50% y otra práctica con ejercicios o problemas numéricos, con un peso aproximado del 50%. Los porcentajes y estructura del examen son revisables y pueden variar en función de la experiencia de cursos precedentes.

Cada uno de los trabajos T1 y T2 realizados durante el curso tienen un peso del 30% en la nota final, mientras que el examen final (EF) tiene un peso del 40%. La calificación final de la asignatura se obtiene aplicando la ecuación:

$$\text{Nota asignatura} = 0,3 \times \text{Nota de T1} + 0,3 \times \text{Nota de T2} + 0,4 \times \text{Nota de EF}$$

Tanto la calificación de los trabajos como del examen son sobre 10 puntos y, por tanto, para superar la asignatura se debe obtener una nota final mayor o igual a cinco puntos. No obstante, para poder aplicar la fórmula anterior se debe obtener una calificación mínima de 3 puntos sobre 10 en el examen final (EF). Si la calificación del examen es inferior a 3 puntos, la calificación final de la asignatura es "Suspenso", asignándosele una calificación máxima de 4,5 puntos.

b) Opción de "sólo prueba final"

Para los alumnos que eligen la modalidad de "sólo prueba final" en la convocatoria ordinaria, se realizará un examen teórico-práctico, que comprenderá preguntas de teoría y problemas o la resolución de un caso práctico de dimensionado, de forma que se abarquen todos los contenidos esenciales de la asignatura. La calificación del examen será sobre 10 puntos y será necesario obtener un mínimo de 5 puntos para aprobar la asignatura. El examen podrá incluir una parte de preguntas y la resolución de un caso práctico mediante las herramientas de software utilizadas en la asignatura.

La evaluación continua es la modalidad por defecto y para seguir la modalidad de "solo prueba final" el alumno deberá presentar su renuncia a la evaluación continua. Esto lo hará, dentro del plazo señalado por la Jefatura de Estudios, a través del espacio reservado para la asignatura en la plataforma Moodle, rellenando el formulario correspondiente que aparece como una entrega de tarea (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales>).

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

En la convocatoria extraordinaria la evaluación consistirá en un examen teórico-práctico, que comprenderá preguntas de teoría y problemas o la resolución de un caso práctico de dimensionado, de forma que se abarquen todos los contenidos esenciales de la asignatura. La calificación del examen será sobre 10 puntos y será necesario obtener un mínimo de 5 puntos para aprobar la asignatura. El examen podrá incluir una parte de preguntas y la resolución de un caso práctico mediante las herramientas de software utilizadas en la asignatura.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|------------------------|--------------|--|
| Ursula Eiker | Bibliografía | Solar Technologies for Buildings, Ed. Wiley&Sons, 2001. |
| Guía Técnica IDAE-ASIT | Bibliografía | Guía Técnica de Energía Solar Térmica. Publicaciones del Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético. Madrid, 2020 |
| Pilar Pereda | Bibliografía | Proyecto y Cálculo de Instalaciones Solares. Guía de Asistencia Técnica 17, Ed. Fundación Cultural COAM, 2006. |

| | | |
|--|--------------|--|
| John A. Duffie, William A. Beckman | Bibliografía | Solar Engineering of Thermal Processes. Ed. John Wiley & Sons, 2013. |
| Felix A. Peuser, Karl Heinz Remmers, Martin Schauss | Bibliografía | Sistemas solares térmicos: diseño e instalación, Ed. PROGENSA, 2005. |
| F.A. Peuser, K.H. Remmers, M. Schnauss Sistemas solares térmicos. Diseño e instalación?, Ed. PROGENSA, 2005 | Bibliografía | Sistemas solares térmicos. Diseño e instalación, Ed. PROGENSA, 2005 |
| Alfonso Aranda y Abel Ortego (coordinadores) | Bibliografía | Integración de energías renovables en edificios. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011. |
| Guía del frío solar | Bibliografía | Guía del frío solar: Ahorro y eficiencia energética con refrigeración solar. Publicaciones de la Fundación FENERCOM. Gráfica Arias Montano S.A., Madrid, 2011 |
| Código Técnico de la Edificación | Bibliografía | Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básicos DB HE-2 y DB HE-4. 2013 y 2019 |
| Aula de Informática y SW de Diseño y análisis de sistemas solares | Equipamiento | |
| Asignatura en plataforma Moodle | Recursos web | https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/ |
| Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) | Recursos web | http://www.idae.es/ |

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

- La modalidad prevista de docencia es presencial en el aula. No obstante, si por motivos sanitarios derivados de la pandemia, las autoridades académicas o sanitarias suspendieran o restringieran la actividad presencial, la docencia pasaría a ser on-line realizándose de forma telemática en directo (en tiempo real) por medio de las aplicaciones Teams o Zoom. También se realizarían on-line las prácticas con el software de simulación energética de instalaciones solares térmicas. El cronograma sería el mismo y también se mantendrán los criterios y pesos de evaluación en los términos que se indica en el apartado correspondiente de esta Guía.

- Plataformas y recursos. Los recursos puestos a disposición de los alumnos para un seguimiento adecuado de la asignatura se alojarán en la plataforma institucional Moodle. En el caso de que se realicen sesiones on-line por Teams o Zoom, solo podrán ser grabadas por el profesor, quien podrá hacerlas disponibles para los alumnos en Moodle o en las propias plataformas.

- Además de promover de forma genérica, como parte de una institución pública de enseñanza, una "**Educación de Calidad**" (ODS4), los contenidos y fin último de la asignatura entroncan directamente con el **ODS7 "Energía asequible y no contaminante"**.