



Guía docente 820744 - ESTM - Energía Solar Térmica

Última modificación: 16/05/2023

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona
Unidad que imparte: 724 - MMT - Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES (Plan 2012). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2013). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (Plan 2014). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: Ivette Rodríguez

Otros: Ivette Rodríguez

CAPACIDADES PREVIAS

Aspectos fundamentales de termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor necesarios para entender el funcionamiento de los sistemas de energía solar térmica.

REQUISITOS

Conocimientos equivalentes a haber superado el curso de nivelación del máster.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE 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-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

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 éste y los resultados y conclusiones.
- Actividades de Evaluación (EV).

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Conocer los fenómenos de transferencia de calor (radiación, convección, conducción) que tienen lugar en los equipos y sistemas solares térmicos.

Conocer los materiales y sus propiedades utilizados en las aplicaciones solares térmicas como: tratamientos selectivos, materiales de acumulación por cambio de fase, superficies transparentes aislantes, etc.

Conocer las diferentes metodologías que permiten el cálculo y diseño de equipos y sistemas solares térmicos. Utilización de diferentes software de cálculo tan comercial como desarrollado en el CTTC-UPC (Centre Tecnològic de Transferència de Calor, Universitat Politècnica de Catalunya).

Realización de diferentes prácticas para el ensayo de colectores solares térmicos y sistemas solares térmicos en el CTTC-UPC.

Conocimiento de diferentes aplicaciones de la energía solar térmica como: sistemas de refrigeración por absorción utilizando la energía solar térmica como fuente primaria de energía, sistemas para la producción de energía eléctrica con energía solar térmica de concentración (plantas solares termo-eléctricas).

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	40,5	32.27
Horas aprendizaje autónomo	85,0	67.73

Dedicación total: 125.5 h

CONTENIDOS

Introducción. Disponibilidad de energía solar.

Descripción:

Conceptos básicos sobre radiación solar y su disponibilidad. Estimación de la radiación solar disponible en dependencia de la localización geográfica.

Objetivos específicos:

- Conocer cuál es la disponibilidad de energía solar para optimizar su aprovechamiento
- Ser capaz de evaluar la posición angular del Sol
- Ser capaz de estimar la radiación solar sobre una superficie inclinada

Actividades vinculadas:

- Clase teórica
- Clase práctica
- Trabajo de alcance reducido

Competencias relacionadas:

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-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.

Dedicación: 22h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 20h

Materiales más utilizados en energía solar térmica y sus propiedades

Descripción:

Conceptos básicos de las propiedades radiantes de los materiales y su evaluación.

Actividades vinculadas:

- clase teórica
- clase práctica

Competencias relacionadas:

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.

Dedicación: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 3h



Captadores solares térmicos

Descripción:

Captadores solares térmicos para baja, media y alta temperatura (receptores solares de alta temperatura). Principios de operación. Estudio de los diferentes mecanismos de transferencia de calor. Definición del rendimiento de un captador solar. Ensayo de un captador solar de baja temperatura.

Objetivos específicos:

- Conocer las diferentes tecnologías utilizadas para la captación de la energía solar en dependencia del rango de temperaturas de operación.
- Ser capaz de evaluar desde un punto de vista térmico tanto la energía útil como el rendimiento de un captador con independencia de la tecnología utilizada.
- Conocer las normativas para el ensayo de un captador solar.
- Realizar el ensayo de un captador solar.

Actividades vinculadas:

clase teórica
clase práctica
Trabajo teórico práctico dirigido
Trabajo de alcance reducido

Competencias relacionadas:

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.

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

Dedicación: 29h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h
Actividades dirigidas: 3h
Aprendizaje autónomo: 20h



Acumulación de energía térmica

Descripción:

Estudio de las tecnologías más utilizadas para la acumulación de energía térmica a instalaciones de baja, media y alta temperatura. Estudio de la estratificación térmica y su influencia en el rendimiento de los sistemas solares térmicos.

Objetivos específicos:

- Conocer las diferentes tecnologías utilizadas para el almacenamiento de energía térmica
- Conocer las propiedades fundamentales de los diferentes medios de acumulación más utilizados según el tipo de tecnología
- Importancia y evaluación de la estratificación térmica a un sistema de acumulación térmico.
- Conocer las normativas para el ensayo de un sistema de acumulación de energía térmica de baja temperatura

Actividades vinculadas:

- clase teórica
- clase práctica
- Trabajo teórico práctico dirigido

Competencias relacionadas:

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.

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

Dedicación: 14h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Actividades dirigidas: 3h

Aprendizaje autónomo: 5h



Instalaciones solares térmicas

Descripción:

Instalaciones solares de baja, media y alta temperatura, plantas termo-solares. Cálculo, dimensionado y simulación de instalaciones: i) sistemas domésticos para el calentamiento de agua y calefacción; ii) instalaciones con refrigeración solar (absorción) tan doméstico como industrial; iii) plantas termo-solares.

Objetivos específicos:

- Conocer las diferentes tecnologías utilizadas dependiendo del rango de temperaturas de trabajo.
- Conocer los diferentes aspectos medio-ambientales y las normativas vigentes relacionadas con las instalaciones solares térmicas tanto de baja como de alta temperatura.
- Conocer las diferentes metodologías y programas para el cálculo de instalaciones solares térmicas
- Ser capaz de realizar el cálculo y dimensionado de diferentes tipos de instalaciones solares térmicas tales como: instalaciones para el calentamiento de agua sanitaria, instalaciones de refrigeración por absorción, plantas termo-solares

Actividades vinculadas:

- clase teórica
- clase práctica
- Trabajo teórico práctico dirigido
- Trabajo de alcance reducido
- Trabajo de amplio alcance

Competencias relacionadas:

- 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.
- CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.
- 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-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.

Dedicación: 50h

- Grupo pequeño/Laboratorio: 12h
- Actividades dirigidas: 6h
- Aprendizaje autónomo: 32h



ACTIVIDADES

Clases teóricas y conferencias

Descripción:

Exposición de los contenidos de la asignatura siguiendo un modelo de clase expositivo y participativo.

Objetivos específicos:

Transferir los conocimientos necesarios para una correcta interpretación de los contenidos desarrollados en las sesiones de grupos grandes, resolución de dudas en relación al temario de la asignatura y desarrollo de las competencias genéricas.

Material:

Apuntes disponibles en la plataforma Atenea.

Bibliografía general de la asignatura.

Entregable:

Durante algunas de las sesiones se llevarán a cabo ejercicios presenciales en clase con la participación de los estudiantes

Competencias relacionadas:

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-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.

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

Dedicación: 25h

Grupo pequeño/Laboratorio: 15h

Aprendizaje autónomo: 10h



clases prácticas

Descripción:

Durante estas actividades se realizarán problemas y ejercicios siguiendo un modelo de clase participativo

Objetivos específicos:

Transferir los conocimientos necesarios para una correcta interpretación de los contenidos desarrollados en las sesiones teóricas, resolución de dudas en relación al temario de la asignatura y desarrollo de las competencias genéricas

Material:

apuntes y problemas en ATENEA. Bibliografía de la asignatura

Entregable:

Se llevarán a cabo ejercicios presenciales en clase, de forma individual o en grupos reducidos y donde los alumnos deberán exponer sus resultados

Competencias relacionadas:

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.

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

Dedicación: 30h

Grupo pequeño/Laboratorio: 15h

Aprendizaje autónomo: 15h

Trabajo teórico práctico dirigido

Descripción:

Durante estas actividades se realizarán actividades de laboratorio para el ensayo de equipos y sistemas estudiados en la asignatura, así como también actividades con soporte informático.

Objetivos específicos:

Adquirir las habilidades necesarias para el correcto ensayo y valoración de equipos y sistemas.

Material:

apuntes y material facilitado por el profesor a atenea

Entregable:

Informe con los resultados de la práctica

Competencias relacionadas:

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

Dedicación: 20h

Grupo pequeño/Laboratorio: 15h

Aprendizaje autónomo: 5h



nombre castellano

Descripción:

Realización por parte del estudiante de trabajos con el objetivo de consolidar temáticas tratadas en clase. Los trabajos se podrán realizar en grupos reducidos y de forma individual.

Objetivos específicos:

- Ser capaz de aplicar los conocimientos adquiridos tanto en las clases teóricas como prácticas para llevar a cabo el trabajo.
- El/la Alumno ha de ser capaz de demostrar y aplicar sus conocimientos de transferencia de calor y de aplicarlos a los cálculos de equipos solares térmicos.
- A partir de los resultados obtenidos, proponer soluciones teóricas y prácticas para mejorar el comportamiento de equipos solares térmicos.

Material:

Bibliografía recomendada. Apuntes y transparencias. Material en ATENEA

Entregable:

Report con los resultados y su análisis

Competencias relacionadas:

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.

Dedicación: 30h

Aprendizaje autónomo: 30h

nombre castellano

Descripción:

Trabajo de alcance amplio donde el estudiante pondrá en práctica los conocimientos adquiridos y los integrará para realizar el estudio de un sistema solar. Este trabajo se puede realizar en cualquiera de las tecnologías estudiadas en el curso.

Objetivos específicos:

- El/la alumno ha de ser capaz de demostrar y aplicar sus conocimientos adquiridos por el cálculo de una instalación.
- Comprender la dependencia de los diferentes parámetros y equipos en el resultado obtenido como la cobertura solar, el rendimiento de la instalación y, en general, las pérdidas térmicas en los diferentes equipos.
- Ser capaz de aportar soluciones para mejorar el funcionamiento de la instalación solar.

Material:

Bibliografía recomendada. Apuntes y transparencias. Artículos de revistas relacionadas con la temática.

Entregable:

Report con los resultados y su análisis. Soluciones para mejorar tanto la cobertura solar como el rendimiento de la instalación.

Competencias relacionadas:

CEMT-5. Aplicar criterios técnicos y económicos en la selección del equipo térmico más adecuado para una determinada aplicación. Dimensionar equipos e instalaciones térmicas. Reconocer y valorar las aplicaciones tecnológicas más novedosas en el ámbito de la producción, transporte, distribución, almacenaje y uso de la energía térmica.

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.

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.

Dedicación: 20h

Aprendizaje autónomo: 20h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita de control de conocimientos (PE): 50%
- Trabajos realizado en forma individual o en grupo a lo largo del curso (TR): 40%
- Asistencia y participación en clases y laboratorios (AP): 5%
- Calidad y rendimiento del trabajo en grupo (TG): 5%

Durante el semestre de otoño del año académico 2020-2021, y como resultado de la crisis de salud debido a Covid19, el método de calificación será:

Se desarrollarán tres ejercicios de evaluación a lo largo del curso, el final (el tercero) incluirá aspectos desarrollados durante el curso. Además de esto, también se considera una prueba final

La calificación final se obtendrá de la evaluación continua y del examen final siguiendo la fórmula:

calificación final = $0.4 \text{ (evaluación}_1 + \text{evaluación}_2) / 2 + 0.35 \times \text{evaluación}_3 + 0.25 \times \text{examen final}$

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

- Prueba escrita de control de conocimientos (PE): Se realizará un examen final de la asignatura. El alumno deberá completar tanto preguntas teóricas como problemas relacionados con los contenidos teórico y práctico de la asignatura. Las revisiones y / o reclamaciones en referencia a los exámenes se realizarán de acuerdo a las fechas y horarios establecidos en el calendario académico.

- Trabajo realizado en forma individual o en grupo a lo largo del curso (TR): El estudiante deberá seguir las instrucciones explicadas en clase y contenidas en el archivo correspondiente al trabajo que se propondrá al alumno en relación a los diferentes contenidos docentes de la asignatura. Como resultado de estas actividades, el estudiante deberá entregar un reporte (preferiblemente en formato pdf) al profesor, con la fecha límite que se fije para cada actividad. La evaluación del trabajo comportará tanto su realización, como su posible defensa.

- Asistencia y participación en clases y laboratorios (AP): Las prácticas de laboratorio se valorarán tanto durante su realización como en la ejecución de los ejercicios de prácticas que se propondrán; que pueden iniciarse durante el horario de clases previsto para este tipo de actividad y que se completarán (se procede) como una actividad autónoma, siguiendo las instrucciones dadas en clase. Los resultados de los ejercicios de prácticas se entregarán al profesor siguiendo las instrucciones dadas en clase. La evaluación de la práctica comportará tanto su realización, como su posible defensa.

- Calidad y rendimiento del trabajo en grupo (TG): Los informes de las prácticas y / o trabajos en grupo se valorarán a nivel individual sobre la defensa oral en su caso y en conjunto sobre el informe único.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Vogel, Werner; Kalb, Henry. Large-scale solar thermal power : technologies, costs and development [en línea]. Weinheim: Wiley-VCH, cop. 2010 [Consulta: 27/05/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527629992>. ISBN 9783527405152.
- Duffie, J. A.; Beckman, W. A. Solar engineering of thermal processes [en línea]. 4th ed. Chichester: Wiley, 2013 [Consulta: 20/09/2022]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781118671603>. ISBN 9781118671603.
- Kalogirou, Soteris A. Solar energy engineering : processes and systems [en línea]. 1st. ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press, 2009 [Consulta: 19/04/2023]. Disponible a: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123745019/solar-energy-engineering#book-info>. ISBN 9780123745019.
- Tiwari, G. N. Solar energy : fundamentals, design, modelling and applications. Pangbourne, UK: Alpha Science International, cop. 2002. ISBN 9781842651063.

Complementaria:

- Winter, C.-J; Sizmann, Rudolf L; Vant-Hull, Lorin L. Solar power plants : fundamentals, technology, systems, economics. Berlin [etc.]: Springer-Verlag, cop. 1991. ISBN 3540188975.
- Beckman, William A; Klein, Sanford A; Duffie, John A. Solar heating design : by the f-chart method. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1977. ISBN 0471034061.

- Gordon, Jeffrey. Solar energy : the state of the art : ISES position papers. London: James & James, cop. 2001. ISBN 1902916239.

RECURSOS

Material audiovisual:

- Transparències. Recurso

Material informàtic:

- Apunts i articles. Recurso