Guía docente
820758 - TETDTM - Técnicas Experimentales y Tratamiento de Datos en Termoenergética

Última modificación: 13/03/2025

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 DESCENTRALIZADOS DE ENERGÍA INTELIGENTES (DENSYS) (Plan 2020). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA TÉRMICA (Plan 2021). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2022). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA (Plan 2024). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: Joaquim Rigola

Otros: Oliva Llena, Asensio
Castro Gonzalez, Jesus
Oliet Casasayas, Carles

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos de Dinámica de Fluidos y Transferencia de Calor y Masa, necesarios para entender los principios básicos de funcionamiento de los sensores de medida. Conocimientos eléctricos y electrónicos básicos.

REQUISITOS

Conocimientos equivalentes a haber superado el curso de nivelación del máster

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
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.

Transversales:
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes metodologías docentes:
- Clases presenciales teórico-prácticas: exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas.
- Clases presenciales prácticas participativas: participar en la resolución colectiva de ejercicios, así como en debates y dinámicas de grupo, con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula
- Clases de laboratorio: Realización de prácticas de laboratorio sobre distintos equipamientos específicos de investigación incidiendo sobre las técnicas experimentales de medida trabajadas en clase. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en diferentes espacios de investigación y se programan como salidas fuera del aula con el acompañamiento y asesoramiento del profesorado del curso.
- Actividades dirigidas al desarrollo del trabajo, resultados, conclusiones, etc.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al finalizar el curso, el/la estudiante tenrdrá de haber adquirido los siguentes objectivoss de aprendizaje general:
Obtener una formación básica en el conocimiento de las tipologías de sensores de medida, y de su integración en un sistema experimental (unidad y software de adquisición de datos, regulación y control del sistema).
Adquirir una competencia muy sólida en cuanto a los principios físicos que determinan la respuesta de un determinado sensor, así como de las posibles interacciones que pueden existir entre la presencia de la sonda de medida y la lectura que se quiere realizar (efectos de distorsión del problema por intrusión de la sonda, efectos de inercia térmica en medidas transitorias, etc.).
Aprender a tratar los datos experimentales obtenidos, realizando filtrados cuando sea necesario, evaluación de los correspondientes errores de medida, etc.

Al finalizar el curso, el/la estudiante tenrdrá de haber adquirido los siguentes objectivoss de aprendizaje específicos:
Introducción a los aspectos básicos sobre las técnicas experimentales en termoenergética, buscando el máximo rigor, sus posibilidades y limitaciones. Introducción al análisis de los datos experimentales, la adquisición y el control, así como el análisis y la medida.
Profundización en las técnicas experimentales de medida como: temperatura, presión, flujo, velocidad, humedad, analítica de gases, etc.
Aplicación a la validación experimental detallada de fenómenos básicos de transferencia de calor y masa. Aplicación a la contrastación de resultados numéricos y de ensayos experimentales sobre sistemas y equipos térmicos de gran importancia industrial y social: refrigeración por compresión, intercambiadores de calor, compresores herméticos, refrigeración por absorción, HVAC (ventilación, aire acondicionado en edificios, optimización de fachadas acristaladas, etc.), sistemas solares activos y pasivos, acumuladores de calor, etc.
Realización de prácticas de laboratorio que permitan al estudiante tomar conciencia de las aplicaciones concretas, de las posibilidades desarrolladas, así como de las técnicas experimentales y de medición y estimación de errores experimentales en las unidades experimentales disponibles.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	85,0	65.38
Horas grupo grande	45,0	34.62

Dedicación total: 130 h

CONTENIDOS

Contenido 1. Adquisición de datos y control

Descripción:
Este contenido pretende ser una introducción necesaria en lo que se refiere a la adquisición de datos y su control. Un primer punto a tratar es revisar los principios de la electrónica que trata y condiciona las señales emitidas por los distintos tipos de sensor (respuesta eléctrica a una perturbación térmica/mecánica). Seguidamente se presentará el software y el hardware de adquisición de datos como forma de convertir las perturbaciones que desea medir el usuario en información interpretable en un archivo de datos. Por último se presentará el software (control PID) y el hardware básico de control para fijar las condiciones de operación que interesen en cada caso (control de nivel de temperatura, de caudal, etc.). Se trabaja también la gestión de datos y postprocesamiento de la información obtenida.

Objetivos específicos:
Aportar los conocimientos básicos en adquisición de datos para poder realizar un experimento tipo en el campo térmico.
Aportar los conocimientos básicos en control y regulación para poder realizar un experimento tipo en el campo térmico.

Actividades vinculadas:
Clase teórica
Clase práctica
Trabajo de alcance reducido
Trabajo de alcance amplio

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 5h
Grupo mediano/Prácticas: 4h
Aprendizaje autónomo: 15h

Contenido 2. Sensores de temperatura

Descripción:
Estudio de los sensores de temperatura más habituales en función del principio físico en el que se basan (efectos mecánicos, efectos eléctricos, efecto de la radiación). Se insistirá especialmente en los sensores de mayor uso (termorresistencias, termopares). Se trabajarán aspectos relacionados con la precisión de las medidas en función del emplazamiento y construcción de las sondas (efectos de transferencia de calor que modifiquen la temperatura real sin el sensor) o la transitoriedad de las medidas respecto a la inercia térmica propia del sensor

Objetivos específicos:
Conocer los tipos de sensor de temperatura más habituales y su marco de aplicación.
Aportar criterio en cuanto a la gestión de los errores de medida asociados a la instalación e inercia térmica de los sensores de temperatura.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 5h
Grupo pequeño/Laboratorio: 4h
Aprendizaje autónomo: 15h

Contenido 3. Sensores de presión y caudalímetros

Descripción:
Como segundo grupo de sensores a estudiar, este contenido engloba a los sensores de presión y de caudal, por estar basados â□□â□□en principios similares, con base en la mecánica de fluidos. Se presentarán los tipos de sensor más habituales por la medida de presión absoluta, relativa y diferencial. Se describirán los tipos de caudalímetro más usuales (Coriolis, magnético, turbina, vórtice, etc.), explicando el fundamento físico en el que se basan y su marco de aplicación.

Objetivos específicos:
Descripción de los cimientos físicos y marco de aplicación de los sensores de presión más habituales.
Descripción de los cimientos físicos y marco de aplicación de los sensores de caudal más habituales.

Actividades vinculadas:
Clase teòrica
Clase pràctica
Tranajo de ámbito 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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 5h
Grupo pequeño/Laboratorio: 4h
Aprendizaje autónomo: 15h

Contenido 4. Anemómetro de hilo caliente

Descripción:
Presentación de los principios de medida por anemometría de hilo caliente y de los parámetros que caracterizan a las medidas (nivel de turbulencia, muestreo, etc.). Presentación de diferentes tipos de sensor (materiales, geometría, uni/multi direccionales, etc.). Explicación detallada del funcionamiento de una unidad y toma de medidas. Tratamiento estadístico de los datos obtenidos y estimación del error de medida.

Objetivos específicos:
Comprender el principio y el funcionamiento de una unidad de medida por anemometría de hilo caliente.
Interpretar y tratar correctamente los resultados obtenidos.

Actividades vinculadas:
Clase teòrica
Clase práctica
Trabajo de ámbito 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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 21h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 15h

Contenido 5. Sensores de humedad/concentración

Descripción:
Contexto histórico de los sensores de humedad. Fundamentos de psicrometría. Tipos de sensores de humedad más comunes (psicrómetro, higrómetro de espejo frío, sensores poliméricos de humedad relativa, sensores de óxido de aluminio por detección de trazas, sensores ópticos), presentando su principio físico, su operativa y el su marco de utilización.

Objetivos específicos:
Conocer los sensores de humedad más comunes, sus principios físicos y su marco de aplicación.
Relacionar los sensores y medidas proporcionadas con los fundamentos de psicrometría correspondientes.

Actividades vinculadas:
Clase teórica
Clase práctica
Trabajo de alcance reducido
Trabajo de alcance amplio

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 21h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo mediano/Prácticas: 3h
Aprendizaje autónomo: 15h

Contenido 6. Instrumentación y medida en el campo del vacío

Descripción:
Algunas aplicaciones tecnológicas en las que se hace necesaria la gestión de ciertos niveles de vacío, se necesitan unos instrumentos de medida específicos y una cierta tecnología para controlarlo y cuantificarlo. Descripción de la tecnología de construcción de equipos térmicos que deben gestionar un nivel de vacío elevado (soldaduras, uniones a presión, materiales, etc.), y de los instrumentos de medida particulares de esta aplicación (sensores de presión de muy bajo rango , espectrómetro de masas). Explicación detallada del funcionamiento de un espectrómetro de masas dedicado a evaluar la calidad del vacío generado en cierta aplicación.

Objetivos específicos:
Tecnología del vacío (construcción, control, etc.)
Instrumentos de medida en aplicaciones de vacío; énfasis en el espectrómetro de masas.

Actividades vinculadas:
Clase teórica
Clase práctica
Trabajo de alcance reducido
Trabajo de alcance amplio

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 16h
Grupo grande/Teoría: 3h
Grupo mediano/Prácticas: 3h
Aprendizaje autónomo: 10h

ACTIVIDADES

Clases teóricas

Descripción:
Metodología en gran grupo. Exposición de los contenidos de la asignatura siguiendo un modelo de clase expositiva y participativa. La materia se ha organizado en distintos grupos de contenidos de acuerdo a las áreas de conocimiento de la asignatura.

Objetivos específicos:
Al finalizar esta actividad, el alumno debe ser capaz de dominar los conocimientos adquiridos, consolidarlos y aplicarlos correctamente a distintos problemas técnicos. Además, siendo una asignatura tecnocientífica aplicada, las clases de teoría deben servir como complemento a otras asignaturas técnicas del ámbito térmico relacionadas, como HAVC&R (Heating Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration), Motores Térmicos, Energía Solar o Acumulación de Energía Térmica.

Material:
Bibliografía recomendada. Apuntes del profesorado (ATENEA).

Entregable:
Esta actividad se evalúa conjuntamente con la actividad 2 (prácticas) mediante el trabajo de curso y las pruebas de conocimiento.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 36h
Aprendizaje autónomo: 12h
Grupo grande/Teoría: 24h

Clases prácticas

Descripción:
Metodología de grupo grande y grupo medio, siempre que la disponibilidad de profesorado lo permita. De cada uno de los temas, se realizarán unos problemas en clase para que los alumnos adquieran las pautas necesarias para llevar a cabo esta resolución: hipótesis simplificadoras, planteamiento, resolución numérica, discusión de resultados.

Objetivos específicos:
Al finalizar esta actividad, el alumno debe ser capaz de aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de distintos tipos de problemas. Atendiendo a la metodología el alumno debe ser capaz de:
1.- Entender el enunciado y analizar el problema.
2.- Plantear y desarrollar un esquema de resolución del mismo.
3.- Resolver el problema utilizando las ecuaciones plateadas, con un adecuado algoritmo de resolución.
4.- Interpretar críticamente los resultados.

Material:
Bibliografía recomendada. Apuntes del profesorado (ATENEA).

Entregable:
Esta actividad se evalúa conjuntamente con la actividad 1 (teoría) mediante el trabajo de curso y las pruebas de conocimiento.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 42h
Aprendizaje autónomo: 21h
Grupo mediano/Prácticas: 10h
Grupo pequeño/Laboratorio: 11h

Trabajo teórico-práctico dirigido

Descripción:
Los estudiantes tendrán que realizar trabajos teóricos-prácticos dirigidos. Los trabajos consistirán en resolver pequeños problemas, cuyos datos de partida podrán ser tanto los resultados de un experimento de laboratorio como datos planteados por el profesor. La estructura a seguir será:
Preparación de la práctica mediante un manual de prácticas.
Grupos de 2 a 3 personas con una duración máxima de 3 horas.
Discusión de los resultados obtenidos y de los problemas surgidos durante la realización de la práctica.
Realización de un informe relativo a la práctica realizada con resultados, cuestiones y conclusiones. Este informe se evaluará junto con la realización de la práctica.

Objetivos específicos:
Consolidar los conocimientos adquiridos en clase de teoría y prácticas.

Material:
Bibliografía recomendada. Apuntes guía del profesorado (ATENEA).

Entregable:
Se realizarán informes siguiendo unas pautas dadas en clase.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 30h
Aprendizaje autónomo: 30h

Trabajo de alcance reducido

Descripción:
Resolución de hasta dos problemas basados â□□â□□en situaciones planteadas por el profesor.

Objetivos específicos:
Consolidar los conocimientos adquiridos en clase de teoría y prácticas.

Entregable:
Se realizará un informe siguiendo unas pautas dadas en clase.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 11h
Aprendizaje autónomo: 11h

Trabajo de alcance amplio

Descripción:
Resolución de un problema basado en situaciones planteadas por el profesor o por el alumno.

Objetivos específicos:
Ampliar y consolidar los conocimientos adquiridos en clase de teoría y prácticas.

Entregable:
Se realizará un informe siguiendo unas pautas dadas en clase.

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.
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

Dedicación: 11h
Aprendizaje autónomo: 11h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Prueba escrita de control de conocimientos: 25%
Trabajo realizado en forma individual o en grupo a lo largo del curso: 75%

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Normas del sistema de evaluación de las actividades formativas de la asignación.
- Prueba escrita de control de conocimientos: Se realizará un examen final de la asignatura. El alumno tendrá que completar tantas preguntas teóricas con problemas relacionados con los contenidos teóricos y prácticos de la asignación.
- El trabajo se realiza en forma individual o en grupo al largo del curso: El estudiante debe seguir las instrucciones explicadas en la clase y continúa en el aula correspondiente al trabajo que se propone al alumno en relación con los diferentes docentes de la asignación. Como resultado de estas actividades, el estudiante debe entregar un informe (preferiblemente en formato pdf) al profesor, con el límite de datos que se fijan para cada actividad. La evaluación del trabajo se comportará tant la seva realització, com la seva posible defensa. La evaluación de la práctica comportará tant la seva realització, com la seva posible defensa.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- Benedict, Robert P. Fundamentals of temperature, pressure and flow measurements. 3a ed. New York: Wiley, cop. 1984. ISBN 0471893838.
- Holman, J. P. (Jack Philip). Experimental methods for engineers. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9780071326483.
- Northrop, Robert B. Introduction to instrumentation and measurements [en línea]. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018 [Consulta: 19/09/2022]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1609198. ISBN 1000055132.
- Baker, Henry Dean; Ryder, E. A.; Baker, N. H. Temperature measurement in engineering. Stamford: Omega Press, cop. 1975.
- Wiederhold, Pieter R. Water vapor measurement : methods and instrumentation. New York: Marcel Dekker, 1997. ISBN 0824793196.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. The ASHRAE handbook. Fundamentals.... Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1993. ISBN 15237230.
- Herold, Keith E. [et al.]. Absorption chillers and heat pumps [en línea]. 2 nd ed. Bosa Roca, US: CRC Press, 2016 [Consulta: 12/06/2025]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4497372. ISBN 9781498714358.

RECURSOS

Material audiovisual:
- Notes made by the professors of the course. Recurso
- Transparencies, proposed problems to be used in class. Recurso