



Proyecto/Guía docente de la asignatura				Project/Course Syllabus
Asignatura <i>Course</i>	TRANSMISIÓN DE CALOR Y MASA			
Materia <i>Subject area</i>	Ingeniería Térmica			
Módulo <i>Module</i>	Módulo de tecnología específica energética			
Titulación <i>Degree Programme</i>	GRADO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA			
Plan <i>Curriculum</i>	647	Código <i>Code</i>	47652	
Periodo de impartición <i>Teaching Period</i>	Cuatrimestre 6º	Tipo/Carácter <i>Type</i>	OBLIGATORIA	
Nivel/Ciclo <i>Level/Cycle</i>	GRADO	Curso <i>Course</i>	3º	
Créditos ECTS <i>ECTS credits</i>	6			
Lengua en que se imparte <i>Language of instruction</i>	ESPAÑOL			
Profesor/es responsable/s <i>Responsible Teacher/s</i>	Manuel Andrés Chicote			
Datos de contacto (E-mail, teléfono...) <i>Contact details (e-mail, telephone...)</i>	manuel.andres.chicote@uva.es Tel. 983 18 6895			
Departamento <i>Department</i>	INGENIERÍA ENERGÉTICA Y FLUIDOMECAÁNICA			
Fecha de revisión por el Comité de Título <i>Review date by the Degree Committee</i>	07 de julio de 2026			

En caso de guías bilingües con discrepancias, la validez será para la versión en español.
In the case of bilingual guides with discrepancies, the Spanish version will prevail.

1. Situación / Sentido de la Asignatura

Course Context and Relevance

1.1 Contextualización

Course Context

Se trata de una asignatura de tecnología específica asociada a la materia de Ingeniería Térmica y ubicada en el primero de los cursos específicos (3er Curso) dentro de la titulación de Grado en Ingeniería Energética.

1.2 Relación con otras materias

Connection with other subjects

Posee una estrecha relación con la asignatura de “*Termodinámica Técnica y Transmisión de Calor*” (asignatura común a la rama industrial impartida en segundo curso de la titulación y común con otras titulaciones de Grado en Ingeniería), buscando profundizar en los conceptos, contenidos y métodos desarrollados por esta, con un particular énfasis en el análisis de sus aplicaciones prácticas.

La impartición de la asignatura de “*Transmisión de Calor y Masa*” en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid comenzó con la implantación de la titulación universitaria de Grado en Ingeniería Energética (Real Decreto 861/2010) en su tercer curso, durante el año académico 2022/23, si bien comparte aspectos comunes con asignaturas afines impartidas anteriormente en otras titulaciones de esta Universidad como son:

- *Transmisión de Calor* (Plan 210: Ingeniería Industrial -extinguido-; Asignatura Obligatoria; 3er curso; 3 ECTS)
- *Ingeniería Térmica* (Plan 210: Ingeniería Industrial -extinguido-; Asignatura Troncal; 4º curso; 4.5 ECTS)
- *Ingeniería Térmica* (Grado en Ingeniería Mecánica y Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales; Asignatura Obligatoria; 3er curso; 6 ECTS)

Por otro lado, la asignatura “*Transmisión de Calor y Masa*” está relacionada con otras materias de la titulación, que se imparten en paralelo o en cursos posteriores de la misma. Estas son listadas a continuación:

Grado en Ingeniería Energética

- *Centrales Térmicas* (obligatoria, 3er curso, 2ºcuatrimestre)
- *Energías Renovables, Hidrógeno y Almacenamiento energético* (obligatoria, 3er curso, 2ºcuatrimestre)
- *Análisis termodinámico de sistemas energéticos* (obligatoria, 4ºcurso, 1er cuatrimestre)
- *Refrigeración y climatización* (obligatoria, 4ºcurso, 2ºcuatrimestre)
- *Proyectos energéticos* (optativa, 4ºcurso, 1er cuatrimestre)
- *Gestión, auditorías y eficiencia energética* (obligatoria, 4ºcurso, 2ºcuatrimestre)

1.3 Prerrequisitos

Prerequisites

Conforme a las indicaciones recogidas en la ficha de la asignatura de la memoria Verifica, los **requisitos previos básicos recomendables** para cursarla son:

- Conocimientos básicos de termodinámica, mecánica de fluidos, transmisión de calor y masa e ingeniería de fluidos.
- Conocimientos de termodinámica aplicada y de transmisión de calor.



Dichos requisitos previos básicos recomendables están vinculados al hecho de haber cursado anteriormente las asignaturas previas impartidas en 2º curso de la titulación: “Termodinámica Técnica y Transmisión de Calor” e “Ingeniería Fluidomecánica”, dentro de las cuales se contempla la recomendación de contar con los siguientes conocimientos y/o aptitudes previos/as y que son relevantes también aquí:

- Capacidad para la resolución de problemas matemáticos. Aptitud para aplicar conocimientos sobre cálculo diferencial e integral, y ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales.
- Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la física.

Adicionalmente a estos requerimientos básicos, **no existen prerequisites específicos** sobre la materia.



2. Resultados del proceso de formación y de aprendizaje (RD 822/2021) o competencias (RD 1393/2007)

Learning outcomes (RD 822/2021) or competences (RD 1393/2007)

Para los planes de estudio al amparo del RD 822/2021 deben completarse conocimientos o contenidos, habilidades o destrezas y las competencias.

Para los planes de estudio al amparo del RD 1393/2007 deben completarse las Competencias Generales y las Competencias Específicas.

For study programmes under RD 822/2021, it is necessary to specify knowledge or content, skills or abilities, and competences.

For study programmes under RD 1393/2007, General Competences and Specific Competences must be included.

El presente Programa Docente contempla de forma rigurosa las competencias (generales y específicas) establecidas en la Memoria VERIFICA de la titulación que se aplican a la asignatura de 'Transmisión de Calor y Masa'. Dichas competencias establecen los objetivos de capacitación para los alumnos de la asignatura y serán fomentadas/potenciadas a través de los contenidos y metodologías docentes descritas en los siguientes apartados de este documento.

2.1 (RD1393/2007) Competencias Generales

General Competences

La docencia orientada a la adquisición de las competencias específicas fomentará, en paralelo, la adquisición de una serie de *competencias generales* de carácter transversal, fundamentales en la capacitación establecida para los egresados al final de la titulación de Grado en Ingeniería Energética.

- **CG1** – Capacidad de análisis y síntesis. Ser capaz de extraer los aspectos esenciales de un texto o conjunto de datos para obtener conclusiones pertinentes, de manera clara, concisa y sin contradicciones, que permiten llegar a conocer sus partes fundamentales y establecer generalizaciones. Ser capaz de relacionar conceptos y adquirir una visión integrada, evitando enfoques fragmentados.
- **CG2** – Capacidad de organización y planificación del tiempo. Esta competencia implica la organización personal y grupal de las tareas a realizar, considerando el tiempo que se requiere para cada una de ellas y el orden en que deben ser realizadas, con el objetivo de alcanzar las metas propuestas. El estudiante adquirirá un hábito y método de estudio que le permita establecer un calendario en el que queden reflejados los tiempos asignados a cada tarea.
- **CG3** – Capacidad de expresión oral. Requiere ser capaz de: 1) seguir un orden correcto, 2) expresarse de forma clara y precisa, 3) ajustarse al tiempo establecido, 4) mantener un volumen adecuado para ser escuchado por toda la audiencia, 5) permanecer derecho, relajado y seguro, y estableciendo contacto visual con la audiencia, 6) Usar eficazmente las herramientas tecnológicas adecuadas, y 7) responder a las preguntas que le formulen.
- **CG4** – Capacidad de expresión escrita. Requiere ser capaz de: 1) elaborar informes siguiendo las normas establecidas para su presentación, 2) estructurar correctamente el trabajo, 3) utilizar una ortografía y sintaxis correctas, 4) usar terminología y notaciones adecuadas, 5) utilizar tablas y gráficos, en su caso, acompañados de una breve descripción aclaratoria, 6) hacer las referencias necesarias.
- **CG5** – Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma. Ser capaz de desarrollar una estrategia personal de formación, de evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo. Ser capaz de detectar las deficiencias en el propio conocimiento, y superarlas mediante la reflexión crítica. Ser capaz de utilizar metodologías de autoaprendizaje eficiente para la actualización de nuevos conocimientos y avances científicos/tecnológicos. Ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por medios diversos, de seleccionar el material relevante y de hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.
- **CG6** – Capacidad de resolución de problemas. Ser capaz de: 1) identificar el problema organizando los datos pertinentes, 2) delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa, 3) plantear de

forma clara las distintas alternativas y justificar la selección del proceso seguido para obtener la solución, 4) ser crítico con las soluciones obtenidas y extraer las conclusiones pertinentes acordes con la teoría.

- **CG7** – Capacidad de razonamiento crítico/análisis lógico. Esta competencia requiere ser capaz de analizar cada una de las situaciones planteadas, y tomar decisiones lógicas desde un punto de vista racional sobre las ventajas e inconvenientes de las distintas posibilidades de solución, de los distintos procedimientos para conseguirlas y de los resultados obtenidos.
- **CG8** – Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica. Desarrollará la capacidad de analizar las limitaciones y los alcances de las técnicas y herramientas a utilizar, reconociendo los campos de aplicación de cada una de ellas y aprovechando toda la potencialidad que ofrecen, combinándolas y/o realizando modificaciones de modo que se optimice su aplicación.
- **CG9** – Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz. Esta capacidad requiere: 1) Asumir como propios los objetivos del grupo, sean estos relativos a una única o más disciplinas, y actuar para alcanzarlos, respetando los compromisos (tareas y plazos) contraídos, 2) Expresar las ideas con claridad, comprendiendo la dinámica del debate, efectuando intervenciones y tomando decisiones que integren las distintas opiniones y puntos de vista para alcanzar consensos, 3) Promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo.
- **CG12** – Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua. Esta competencia requiere desarrollar en el estudiante la motivación por el logro de las metas propuestas y ser así útil a los demás, buscando la excelencia y la realización de trabajos de calidad, interesándose por su autorrealización, utilizando y aprovechando plenamente su capacidad.

2.2 (RD1393/2007) Competencias Específicas

Specific Competences

Los objetivos de la asignatura buscan conducir a la adquisición de una serie de competencias específicas por parte del/la alumno/a, las cuales tienen un marcado carácter técnico particular de la materia impartida y son listadas a continuación:

- **CE26** – Capacidad para el cálculo, diseño y gestión de sistemas con transmisión de calor y masa

3. Objetivos

Course Objectives

Los **objetivos globales** de la asignatura (en línea con los resultados de aprendizaje listados en la memoria Verifica de la titulación) son los siguientes:

- Profundizar en los mecanismos de transferencia de calor y masa, relativos a superficies adicionales, conducción multidimensional, conducción transitoria, transferencia de masa molecular o convectiva.
- Identificar los mecanismos de transmisión de calor y masa que intervienen en los procesos.
- Resolver los problemas relacionados con la transmisión de calor en la ingeniería.
- Caracterizar procesos combinados de intercambio de calor y masa, como ocurre en psicrometría.
- Dimensionar intercambiadores de calor, caracterizar y resolver los problemas asociados a los equipos de intercambio de calor y seleccionar por sus características el intercambiador más adecuado y realizar su dimensionado.
- Conocer las características y dimensionar según las necesidades específicas del proceso, el aislamiento térmico más adecuado, en función de los parámetros de operación.

Estos objetivos pueden desglosarse para cada uno de los bloques de los que consta la asignatura, cuyos contenidos se describen en apartados siguientes de este programa. Dichos **objetivos particulares** consisten en la **comprensión y dominio** de los aspectos listados a continuación:

Bloque I – Transmisión de calor por CONDUCCIÓN

- Conocimiento de los procedimientos que permiten caracterizar el flujo de calor por conducción, basados en la aplicación de la Ecuación General de la conducción
- Aplicación de la Ecuación General a problemas sencillos unidimensionales, estacionarios
- Aplicación de la Ecuación General para el análisis de la transferencia de calor en superficies adicionales
- Análisis de situaciones de transferencia de calor en régimen transitorio identificando las resistencias térmicas controlantes y aplicando métodos gráficos de resolución
- Análisis de transferencia de calor multidimensional y conocimiento de métodos numéricos de resolución
- Dominio de las propiedades y características de materiales y sistemas de aislamiento para la mejora de la eficiencia en edificios e instalaciones térmicas.

Bloque II – Transmisión de calor por CONVECCIÓN

- Conocimiento de los procedimientos que permiten determinar los coeficientes de película convectivos, para la determinación del calor intercambiado entre una superficie y un fluido que se encuentran a distinta temperatura.
- Identificación de tipos y vías de resolución de problemas de convección de calor según sus características distinguiendo situaciones de convección forzada, natural o con cambio de fase.

Bloque III – Transmisión de calor por RADIACIÓN

- Conocimiento de las propiedades de la materia ante la radiación térmica, así como de las diferentes aproximaciones realizadas para analizar su comportamiento y determinar el flujo de calor intercambiado por radiación entre dos superficies, según sus emisividades y para diferentes configuraciones geométricas.
- Integración de conocimientos para el análisis de sistemas de intercambio de calor radiante-convectivo.
- Aplicación de los conocimientos anteriores a los sistemas y aplicaciones de energía solar.

Bloque IV – Intercambiadores de calor

- Conocimiento de los diferentes dispositivos utilizados habitualmente en el intercambio de calor
- Conocimiento y aplicación de los métodos de dimensionado y características operativas de sistemas intercambiadores de calor

Bloque V – Transferencia de masa

- Conocimiento de los fundamentos que rigen la transferencia de masa, incluyendo mecanismos por difusión molecular y difusión convectiva.
- Análisis de las similitudes de la difusión convectiva con los mecanismos de transferencia de cantidad de movimiento y de transmisión de calor por convección.
- Análisis de diferentes aplicaciones industriales de la transferencia de masa, profundizando en los procesos de transferencia de calor y masa combinada en sistemas agua-aire (ej.: aplicaciones de enfriamiento evaporativo y psicrometría, haciendo especial énfasis en las torres de enfriamiento)

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Course Contents and/or Modules

La asignatura se estructura en **5 bloques temáticos**, con una distribución de contenidos que no es uniforme, sino que responde, en amplitud y detalle de cada bloque, a los objetivos de la asignatura dentro del plan de estudios de la titulación. Los cuatro primeros bloques abordan en una profundidad notable el conocimiento de la Transmisión de calor, desglosando por separado cada uno de los tres mecanismos de transferencia con referencias introductorias a aplicaciones básicas como son el aislamiento térmico o el aprovechamiento de la energía solar, así como su aplicación general de mayor interés práctico centrada en el diseño y análisis de equipos intercambiadores de calor. El quinto y último de los bloques plantea una introducción a los fenómenos de Transferencia de masa, incluyendo el

estudio más detallado del sistema aire-agua y sus aplicaciones. Esta introducción busca permitir que el/la alumno/a adquiera una base de conocimiento necesaria en la formación de un ingeniero energético, que sea a su vez habilitante para una posible especialización en etapas de formación posteriores donde se aborden procesos de interés industrial más específicos (ej.: procesos de extracción, destilación, absorción, adsorción, secado, reacciones químicas, etc.)

De forma previa a la impartición de los 5 bloques de la asignatura se incluye un Tema 0 que sirve como contexto general de la asignatura y recordatorio de conceptos básicos:

Tema 0 – Contexto y recordatorio de conceptos básicos

0.1 - Mecanismos de transferencia de calor

0.2 - Propiedades termo-físicas básicas

En este apartado se listan los contenidos por tema de cada bloque de la asignatura. Estos contenidos se corresponden con los establecidos en el documento Verifica de la titulación.

Bloque 1: Transmisión de calor por CONDUCCIÓN

Module 1

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación

a. Context and rationale

La transmisión de calor es uno de los mecanismos de transporte de energía consecuencia de una diferencia de temperaturas, siendo un aspecto muy importante en la industria de cara a mejorar el intercambio de calor entre fluidos, analizar las inercias térmicas de los sistemas o reducir las pérdidas de calor con el ambiente. Todo ello puede permitir optimizar los consumos energéticos de los procesos industriales.

En el bloque se tratan los aspectos relacionados con el flujo de calor por conducción, sus características, como incrementar o reducir ese intercambio, etc.

b. Objetivos de aprendizaje

b. Learning objectives

Conocer los procedimientos que permiten caracterizar el flujo de calor por conducción, basando su determinación en la ecuación general de la conducción, establecer los procesos unidimensionales estacionarios sin generación y analizar otras alternativas como la conducción multidimensional, en régimen transitorio, etc.

c. Contenidos

c. Contents

Tema I.1 – Ecuación general de la conducción

I.1.1 – Deducción de la ecuación general de la conducción en coordenadas rectangulares

I.1.3 – Particularizaciones habituales de la ecuación general

I.1.2 – Condiciones de contorno de primera, segunda y tercera clase

Tema I.2 – Conducción de calor en régimen estacionario

I.2.1 – Aplicación de la ecuación general en régimen estacionario 1D en geometrías sencillas

I.2.1.1 – Distribución de temperaturas y flujo de calor en PLACAS PLANAS

I.2.1.1 – Distribución de temperaturas y flujo de calor en CILINDROS

I.2.1.1 – Distribución de temperaturas y flujo de calor en ESFERAS

I.2.2 – Concepto de resistencia térmica

I.2.3 – Conducción de calor estacionaria 1D en configuraciones de paredes múltiples

I.2.4 – Concepto de coeficiente global de transmisión

I.2.5 – Aplicaciones: Aislamiento térmico y concepto de radio crítico

Tema I.3 – Conducción de calor en superficies adicionales. Aletas.

I.3.1 – Superficies adicionales. Concepto y geometrías

I.3.2 – Deducción de la ecuación general de las aletas

I.3.3 – Perfil de temperatura, flujo de calor, efectividad, coeficiente de disipación y dimensiones óptimas en geometrías habituales de aletas

I.3.3.1 – Aletas de sección uniforme

I.3.3.2 – Aletas anulares de espesor constante

I.3.3.3 – Aletas rectas de perfil triangular

I.3.4 – Coeficiente global de transmisión en superficies aleteadas

Tema I.4 – Conducción de calor en régimen transitorio

I.4.1 – Conceptos generales, adimensionalización y cambios de variable

I.4.2 – Método de la resistencia interna despreciable

I.4.3 – Conducción de calor transitoria en geometrías sencillas

I.4.3.1 – Placa infinita

I.4.3.1 – Cilindro sólido largo

I.4.3.1 – Esfera

I.4.3.1 – Sólido casi-ilimitado

I.4.4 – Conducción de calor transitoria multidimensional

Tema I.5 – Conducción de calor multidimensional estacionaria

I.5.1 – Método de separación de variables

I.5.1.1 – Ejemplo: Conducción estacionaria multidimensional en placas rectangulares

I.5.2 – Método de los factores de forma para conducción multidimensional

I.5.3 – Resolución por métodos numéricos

I.5.3.1 – Método de las diferencias finitas

I.5.3.2 – Introducción al uso de software de cálculo numérico en transferencia de calor multidimensional

d. Métodos docentes

d. Teaching and Learning methods

Clase magistral sobre pizarra en clase, disponiendo los alumnos previamente de los apuntes con los contenidos a desarrollar.

Resolución de problemas en clase.

Posibilidad de incorporar sesiones de aula invertida para partes específicas de algunos temas

Evaluación continua mediante metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los contenidos de este bloque formarán parte de los proyectos propuestos en la asignatura.

Prácticas de modelado y simulación (matrices finitas) >>> Sesión completa de 2.5 horas >>> Título: "Conducción de calor bidimensional mediante métodos numéricos"

e. Plan de trabajo

e. Work plan

Se basa en la asimilación de forma continua de las actividades metodológicas indicadas más arriba, de forma interactiva a través del esquema dialógico socrático (profesor-alumno, alumno-profesor), estimulando continuamente a los alumnos y proyectando la temática del día a día con la realidad industrial y con las actividades de desarrollo e innovación en el momento actual.

Se intercala la **resolución de ejercicios durante el desarrollo de conceptos teóricos**, buscando justificar y afianzar estos. Esta forma de proceder aborda la realización de problemas no como una mera resolución esquemática y sistemática de enunciados sino como una muestra de ingenio, que permita proporcionar una solución práctica fuera de unos caminos preestablecidos. Por lo tanto, deben contemplarse perfectamente integrados con los contenidos teóricos.

La temporalización del plan de trabajo orientativo para los distintos temas del Bloque 1 se plantea según sigue:

BLOQUE	TEMA	PERIODO
I - CONDUCCIÓN	I.1 – Ecuación general de la conducción	Semanas 1 a 2
	I.2 – Conducción en régimen estacionario	Semana 2
	I.3 – Aletas	Semana 3
	I.4 – Conducción en régimen transitorio	Semana 4
	I.5 – Conducción multidimensional estacionaria	Semana 5
Sesión Laboratorio 1	L1: Conducción 2D mediante métodos numéricos	Semana 5

f. Evaluación

f. Assessment

- Evaluación mediante examen
- Evaluación de las prácticas
- Evaluación continua basada en las entregas del proyecto de la metodología ABP

g Material docente

g Teaching material

La principal fuente de referencia para el estudio personal del/la alumno/a es la documentación preparada por el profesor para el seguimiento de la asignatura.

Se proporciona una bibliografía adicional suficientemente completa que sirva de referencia futura al alumno a la hora de profundizar en los distintos temas.

Esta lista bibliográfica se facilita al alumno en formato digital, organizado y vinculado a los recursos de la Universidad de Valladolid a través del instrumento **Leganto**. Los miembros de la comunidad universitaria tienen acceso a la "lista de lectura" correspondiente disponible en:

https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/7926248670005774?institute=34BUC_UVA&auth=SAML

g.1 Bibliografía básica

Required Reading

- Rey Martínez, Francisco J.; San José Alonso, Julio F.; Velasco Gómez, Eloy; Tejero González, Ana; Andrés Chicote, Manuel. Libro de apuntes de Ingeniería Térmica. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 2014. ISBN 978-84-617-1729-5 (Formato digital, 507 páginas)
- Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor y masa, 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4
- Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Heat and Mass Transfer, 5ª Ed., McGraw-Hill, New York, 2015. ISBN 978-0-07-339818-1
- Juan A. de Andrés y Rodríguez-Pomatta, Santiago Aroca Lastra. Calor y frío industrial I. Volúmenes 1 y 2. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1990. Madrid.

g.2 Bibliografía complementaria

Supplementary Reading

- Chapman, A.J. *Transmisión del Calor*, 3ª Ed. Editorial Bellisco. Madrid. 1990 ISBN 978-84-85198-42-5
- Holman, J.P. *Heat Transfer*, 1ª Ed., McGraw-Hill, Inc. 1986 ISBN 0-07-0229618-9
- Mills, A.F. *Transferencia de Calor*, Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. Colombia 1997 ISBN 978-84-8086-194-0
- Ozisik, M.N., *Heat Transfer. A Basic Approach*, McGraw-Hill, Inc., Singapore. 1985. ISBN 0-07-047982-8
- Ozisik, M.N., *Heat Conduction*, John Wiley & Sons, New York. 1993. ISBN 978-0-470-90293-6

- Patankar, S.V. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. McGraw-Hill, Inc., USA. 1980. ISBN 0-07-048740-5
- González, F.J.; Gutiérrez, J.M. *Una introducción a los métodos numéricos en conducción de calor*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz, Cádiz 2001. ISBN 84-7786-911-1
- Carslaw, H.S., Jaeger, J.C. *Conduction of heat in solids*. 2nd Ed., Oxford University Press, London, 1959

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Additional Online Resources (microlearning units, blogs, videos, digital journals, massive online courses (MOOC), etc.)

El profesor informará durante las horas presenciales de clase sobre posibles materiales adicionales que puntualmente puedan servir de apoyo a la comprensión de alguna parte específica de la materia impartida.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Al comienzo del curso se entregará a los alumnos la publicación Ingeniería Térmica del Grupo de Termotecnia.

Recursos que se utilizarán en el desarrollo de las clases y sesiones de prácticas:

- Pizarra.
- Cañón de video en el aula.
- Tablas y gráficas para resolución de problemas.
- Software técnico específico

Se recomienda que los alumnos lleven los apuntes proporcionados mediante el Campus Virtual a clase.

i. Temporalización

Course Schedule

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
2	Semana 1 a Semana 5

Bloque 2: Transmisión de calor por CONVECCIÓN

Module 2

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación

a. Context and rationale

En el bloque se presenta la ley de enfriamiento de Newton, el concepto de capa límite, se tratan los aspectos relacionados con el flujo de calor por convección como las ecuaciones que intervienen en la caracterización del flujo de calor en fluidos, los diferentes mecanismos existentes, geometrías, regímenes de flujo y correlaciones adimensionales utilizadas para determinar los coeficientes de convección

b. Objetivos de aprendizaje

b. Learning objectives

Conocer los procedimientos que permiten determinar los coeficientes de película convectivos que permiten obtener el flujo de calor intercambiado entre una superficie y un fluido, cuando estos se encuentran a diferente temperatura.

c. Contenidos**c. Contents****Tema II.1 – Introducción a la convección de calor**

- II.1.1 – Consideraciones generales y concepto de capa límite
- II.1.2 – Ecuaciones básicas de la convección
- II.1.3 – Análisis dimensional: números adimensionales
- II.1.4 – Metodología de resolución de problemas de convección de calor

Tema II.2 – Convección forzada

- II.3.1 – Concepto y aplicaciones
- II.3.2 – Geometrías y correlaciones
 - II.3.2.1 – Flujo externo
 - II.3.2.2 – Flujo interno

Tema II.3 – Convección natural

- II.3.1 – Concepto y aplicaciones
- II.3.2 – Geometrías y correlaciones

Tema II.4 – Convección con cambio de fase

- II.4.1 – Características, variables y aplicaciones de la transferencia de calor con cambio de fase
- II.4.2 – Ebullición
 - II.4.2.1 – Ebullición de masa o alberca
 - II.4.2.2 – Ebullición de película
- II.4.3 – Condensación
 - II.4.3.1 – Condensación de película

d. Métodos docentes**d. Teaching and Learning methods**

Clase magistral sobre pizarra en clase, disponiendo los alumnos previamente de los apuntes con los contenidos a desarrollar.

Resolución de problemas en clase.

Posibilidad de incorporar sesiones de aula invertida para partes específicas de algunos temas

Evaluación continua mediante metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los contenidos de este bloque formarán parte de los proyectos propuestos en la asignatura.

e. Plan de trabajo**e. Work plan**

Se basa en la asimilación de forma continua de las actividades metodológicas indicadas más arriba, de forma interactiva a través del esquema dialógico socrático (profesor-alumno, alumno-profesor), estimulando continuamente a los alumnos y proyectando la temática del día a día con la realidad industrial y con las actividades de desarrollo e innovación en el momento actual.

Se intercala la **resolución de ejercicios durante el desarrollo de conceptos teóricos**, buscando justificar y afianzar estos. Esta forma de proceder aborda la realización de problemas no como una mera resolución esquemática y sistemática de enunciados sino como una muestra de ingenio, que permita proporcionar una solución práctica fuera de unos caminos preestablecidos. Por lo tanto, deben contemplarse perfectamente integrados con los contenidos teóricos.

La temporalización del plan de trabajo orientativo para los distintos temas del Bloque 1 se plantea según sigue:

BLOQUE	TEMA	PERIODO
II - CONVECCIÓN	II.1 – Introducción a la convección	Semanas 6
	II.2 – Convección forzada	Semanas 6
	II.3 – Convección natural	Semanas 7
	II.4 – Convección con cambio de fase	Semanas 7 a 8

f. Evaluación**f. Assessment**

- Evaluación mediante examen
- Evaluación de las prácticas
- Evaluación continua basada en las entregas del proyecto de la metodología ABP

g Material docente**g Teaching material**

La principal fuente de referencia para el estudio personal del/la alumno/a es la documentación preparada por el profesor para el seguimiento de la asignatura.

Se proporciona una bibliografía adicional suficientemente completa que sirva de referencia futura al alumno a la hora de profundizar en los distintos temas.

Esta lista bibliográfica se facilita al alumno en formato digital, organizado y vinculado a los recursos de la Universidad de Valladolid a través del instrumento **Leganto**. Los miembros de la comunidad universitaria tienen acceso a la "lista de lectura" correspondiente disponible en:

https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/7926248670005774?institute=34BUC_UVA&auth=SAML

g.1 Bibliografía básica**Required Reading**

- Rey Martínez, Francisco J.; San José Alonso, Julio F.; Velasco Gómez, Eloy; Tejero González, Ana; Andrés Chicote, Manuel. Libro de apuntes de Ingeniería Térmica. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 2014. ISBN 978-84-617-1729-5 (Formato digital, 507 páginas)
- Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor y masa, 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4
- Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Heat and Mass Transfer, 5ª Ed., McGraw-Hill, New York, 2015. ISBN 978-0-07-339818-1
- Juan A. de Andrés y Rodríguez-Pomatta, Santiago Aroca Lastra. Calor y frío industrial I. Volúmenes 1 y 2. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1990. Madrid.

g.2 Bibliografía complementaria**Supplementary Reading**

- Saiz Jabardo, José M. Transferencia de Calor, Universidade da Coruña, 2012, A Coruña. ISBN 978-84-974-9514-1
- Bejan, A.; Kraus, Allan D. Heat Transfer Handbook, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2003. ISBN 0-471-39015-1
- Bejan, A.; Convection heat transfer, John Wiley & Sons, New York. 1984. ISBN 0-471-89612-8
- Kays, W.M.; Crawford, M.E. Convective Heat and Mass Transfer. 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc. USA. 1993. ISBN 0-07-033721-7
- Kreith, F. The CRC handbook of thermal engineering. CRC Press LLC, USA. 1999. ISBN 0-8493-9581-X

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Additional Online Resources (microlearning units, blogs, videos, digital journals, massive online courses (MOOC), etc.)

El profesor informará durante las horas presenciales de clase sobre posibles materiales adicionales que puntualmente puedan servir de apoyo a la comprensión de alguna parte específica de la materia impartida.

h. Recursos necesarios**Required Resources**

Al comienzo del curso se entregará a los alumnos la publicación Ingeniería Térmica del Grupo de Termotecnia.

Recursos que se utilizarán en el desarrollo de las clases y sesiones de prácticas:

- Pizarra.
- Cañón de video en el aula.
- Tablas y gráficas para resolución de problemas.
- Software técnico específico

Se recomienda que los alumnos lleven los apuntes proporcionados mediante el Campus Virtual a clase.

i. Temporalización**Course Schedule**

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
1	Semana 6 a Semana 7.5

Bloque 3: Transmisión de calor por RADIACIÓN**Module 3**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación**a. Context and rationale**

La transmisión de calor es uno de los mecanismos de transporte de energía consecuencia de una diferencia de temperaturas, siendo un aspecto muy importante en la industria de cara a mejorar el intercambio de calor entre fluidos, analizar las inercias térmicas de los sistemas o reducir las pérdidas de calor con el ambiente. Todo ello puede permitir optimizar los consumos energéticos de los procesos industriales.

En el bloque se tratan los aspectos relacionados con el flujo de calor por conducción, sus características, como incrementar o reducir ese intercambio, etc.

b. Objetivos de aprendizaje**b. Learning objectives**

Conocer los procedimientos que permiten caracterizar el flujo de calor por conducción, basando su determinación en la ecuación general de la conducción, establecer los procesos unidimensionales estacionarios sin generación y analizar otras alternativas como la conducción multidimensional, en régimen transitorio, etc.

c. Contenidos**c. Contents****Tema III.1 – Propiedades y Leyes de la radiación térmica**

III.1.1 – Radiación térmica. Consideraciones generales y propiedades de la materia

III.1.2 – Leyes de la radiación

- Ley de Prevost
- Ley de Planck

- Ley de desplazamiento de Wien
- Ley de Stefan-Boltzmann
- Ley generalizada de Stefan-Boltzmann
- Concepto de emisión de banda
- Ley de Kirchoff
- Ley de Lambert

Tema III.2 – Intercambio radiante**III.2.1 – Intercambio radiante entre superficies infinitas**

- Intercambio entre dos planos infinitos negros y paralelos
- Intercambio entre dos planos infinitos grises y paralelos

III.2.2 – Factores de forma del intercambio radiante**III.2.3 – Método de las resistencias térmicas equivalentes**

- Intercambio entre cuerpos negros finitos cualesquiera. Resistencia espacial
- Intercambio entre cuerpos grises finitos cualesquiera. Resistencia superficial
- Red de resistencias equivalente

III.2.4 – Introducción al intercambio radiante en medios participativos**Tema III.3 – Radiación solar y colectores solares térmicos****III.3.1 – Introducción a la radiación solar****III.3.2 – Clasificación y aspectos tecnológicos de colectores solares térmicos****III.3.3 – Caracterización y curva de rendimiento de un colector solar térmico****d. Métodos docentes*****d. Teaching and Learning methods***

Clase magistral sobre pizarra en clase, disponiendo los alumnos previamente de los apuntes con los contenidos a desarrollar.

Resolución de problemas en clase.

Posibilidad de incorporar sesiones de aula invertida para partes específicas de algunos temas

Evaluación continua mediante metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los contenidos de este bloque formarán parte de los proyectos propuestos en la asignatura.

Prácticas de laboratorio >>> Media sesión de 2.5 horas >>> Título: "Transferencia de calor por radiación: Colector solar"

e. Plan de trabajo***e. Work plan***

Se basa en la asimilación de forma continua de las actividades metodológicas indicadas más arriba, de forma interactiva a través del esquema dialógico socrático (profesor-alumno, alumno-profesor), estimulando continuamente a los alumnos y proyectando la temática del día a día con la realidad industrial y con las actividades de desarrollo e innovación en el momento actual.

Se intercala la **resolución de ejercicios durante el desarrollo de conceptos teóricos**, buscando justificar y afianzar estos. Esta forma de proceder aborda la realización de problemas no como una mera resolución esquemática y sistemática de enunciados sino como una muestra de ingenio, que permita proporcionar una solución práctica fuera de unos caminos preestablecidos. Por lo tanto, deben contemplarse perfectamente integrados con los contenidos teóricos.

La temporalización del plan de trabajo orientativo para los distintos temas del Bloque 1 se plantea según sigue:

BLOQUE	TEMA	PERIODO
III - RADIACIÓN	III.1 – Propiedades y leyes de la radiación térmica	Semana 8
	III.2 – Intercambio radiante	Semanas 9 a 10



	III.3 – Radiación solar y colectores solares térmicos	Semana 10
Sesión Laboratorio 2	L2: Transferencia de calor por radiación: Colector solar L3: Caracterización de un intercambiador de placas	Semana 13

f. Evaluación

f. Assessment

- Evaluación mediante examen
- Evaluación de las prácticas
- Evaluación continua basada en las entregas del proyecto de la metodología ABP

g Material docente

g Teaching material

La principal fuente de referencia para el estudio personal del/la alumno/a es la documentación preparada por el profesor para el seguimiento de la asignatura.

Se proporciona una bibliografía adicional suficientemente completa que sirva de referencia futura al alumno a la hora de profundizar en los distintos temas.

Esta lista bibliográfica se facilita al alumno en formato digital, organizado y vinculado a los recursos de la Universidad de Valladolid a través del instrumento **Leganto**. Los miembros de la comunidad universitaria tienen acceso a la "lista de lectura" correspondiente disponible en:

https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/7926248670005774?institute=34BUC_UVA&auth=SAML

g.1 Bibliografía básica

Required Reading

- Rey Martínez, Francisco J.; San José Alonso, Julio F.; Velasco Gómez, Eloy; Tejero González, Ana; Andrés Chicote, Manuel. Libro de apuntes de Ingeniería Térmica. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 2014. ISBN 978-84-617-1729-5 (Formato digital, 507 páginas)
- Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor y masa, 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4
- Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Heat and Mass Transfer, 5ª Ed., McGraw-Hill, New York, 2015. ISBN 978-0-07-339818-1
- Juan A. de Andrés y Rodríguez-Pomatta, Santiago Aroca Lastra. Calor y frío industrial I. Volúmenes 1 y 2. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1990. Madrid.

g.2 Bibliografía complementaria

Supplementary Reading

- Duffie, J.A., Beckman, W.A., Blair, N., Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind. Wiley, 2020 ISBN 1119540305
- Fernández Salgado J.M., Gallardo Rodríguez, V. Energía solar térmica en la edificación. Ediciones A. Madrid Vicente, 2004, Madrid. ISBN 978-84-89922-99-3
- Siegel, R. Thermal radiation heat transfer. 2nd Ed. McGraw-Hill. New York, 1981. ISBN: 0070573166
- Planck, M. The theory of heat radiation. Dover. New York, 1991. ISBN: 0486668118
- Han, J.Ch., wright, L.M. Analytical Heat Transfer. 2nd Ed. Taylor & Francis, 2022. ISBN: 0367759004
- Modest, M.F., Mazumder, S. Radiative Heat Transfer. 4th Ed. Elsevier, 2022. ISBN: 9780323984065

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Additional Online Resources (microlearning units, blogs, videos, digital journals, massive online courses (MOOC), etc.)

El profesor informará durante las horas presenciales de clase sobre posibles materiales adicionales que puntualmente puedan servir de apoyo a la comprensión de alguna parte específica de la materia impartida.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Al comienzo del curso se entregará a los alumnos la publicación Ingeniería Térmica del Grupo de Termotecnia.

Recursos que se utilizarán en el desarrollo de las clases y sesiones de prácticas:

- Pizarra.
- Cañón de video en el aula.
- Tablas y gráficas para resolución de problemas.
- Software técnico específico

Se recomienda que los alumnos lleven los apuntes proporcionados mediante el Campus Virtual a clase.

i. Temporalización

Course Schedule

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
1	Semana 7.5 a Semana 10

Bloque 4: INTERCAMBIADORES DE CALOR

Module 4

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación

a. Context and rationale

La transmisión de calor es uno de los mecanismos de transporte de energía consecuencia de una diferencia de temperaturas, siendo un aspecto muy importante en la industria de cara a mejorar el intercambio de calor entre fluidos, analizar las inercias térmicas de los sistemas o reducir las pérdidas de calor con el ambiente. Todo ello puede permitir optimizar los consumos energéticos de los procesos industriales.

En el bloque se tratan los aspectos relacionados con el flujo de calor por conducción, sus características, como incrementar o reducir ese intercambio, etc.

b. Objetivos de aprendizaje

b. Learning objectives

Conocer los procedimientos que permiten caracterizar el flujo de calor por conducción, basando su determinación en la ecuación general de la conducción, establecer los procesos unidimensionales estacionarios sin generación y analizar otras alternativas como la conducción multidimensional, en régimen transitorio, etc.

c. Contenidos

c. Contents

Tema IV.1 – Fundamentos de equipos de intercambio de calor

IV.1.1 – Clasificación y aspectos tecnológicos de equipos de intercambio de calor

- IV.1.2 – Coeficiente global de intercambio
- IV.2.3 – Resistencia térmica de ensuciamiento

Tema IV.2 – Dimensionado de intercambiadores de calor

IV.2.1 – Dimensionado térmico

IV.2.1.1 – Distribución de temperaturas en un intercambiador de calor

IV.2.1.2 – Métodos de dimensionado térmico de intercambiadores de calor

- Método de la Diferencia Media Logarítmica de Temperaturas (DMLT)
- Método ϵ -NUT

IV.2.2 – Otros criterios de dimensionado

d. Métodos docentes***d. Teaching and Learning methods***

Clase magistral sobre pizarra en clase, disponiendo los alumnos previamente de los apuntes con los contenidos a desarrollar.

Resolución de problemas en clase.

Posibilidad de incorporar sesiones de aula invertida para partes específicas de algunos temas

Evaluación continua mediante metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los contenidos de este bloque formarán parte de los proyectos propuestos en la asignatura.

Prácticas de laboratorio >>> Media sesión de 2.5 horas >>> Título: "Caracterización experimental de un intercambiador de calor"

e. Plan de trabajo***e. Work plan***

Se basa en la asimilación de forma continua de las actividades metodológicas indicadas más arriba, de forma interactiva a través del esquema dialógico socrático (profesor-alumno, alumno-profesor), estimulando continuamente a los alumnos y proyectando la temática del día a día con la realidad industrial y con las actividades de desarrollo e innovación en el momento actual.

Se intercala la **resolución de ejercicios durante el desarrollo de conceptos teóricos**, buscando justificar y afianzar estos. Esta forma de proceder aborda la realización de problemas no como una mera resolución esquemática y sistemática de enunciados sino como una muestra de ingenio, que permita proporcionar una solución práctica fuera de unos caminos preestablecidos. Por lo tanto, deben contemplarse perfectamente integrados con los contenidos teóricos.

La temporalización del plan de trabajo orientativo para los distintos temas del Bloque 1 se plantea según sigue:

BLOQUE	TEMA	PERIODO
IV – INTERCAMBIADORES	IV.1 – Fundamentos de equipos de intercambio de calor	Semana 11
	IV.2 – Dimensionado de intercambiadores de calor	Semanas 11 a 13
Sesión Laboratorio 2	L2: Transferencia de calor por radiación: Colector solar L3: Caracterización de un intercambiador de placas	Semana 13

f. Evaluación***f. Assessment***

- Evaluación mediante examen
- Evaluación de las prácticas
- Evaluación continua basada en las entregas del proyecto de la metodología ABP

g Material docente**g Teaching material**

La principal fuente de referencia para el estudio personal del/la alumno/a es la documentación preparada por el profesor para el seguimiento de la asignatura.

Se proporciona una bibliografía adicional suficientemente completa que sirva de referencia futura al alumno a la hora de profundizar en los distintos temas.

Esta lista bibliográfica se facilita al alumno en formato digital, organizado y vinculado a los recursos de la Universidad de Valladolid a través del instrumento **Leganto**. Los miembros de la comunidad universitaria tienen acceso a la "lista de lectura" correspondiente disponible en:

https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/7926248670005774?institute=34BUC_UVA&auth=SAML

g.1 Bibliografía básica**Required Reading**

- Rey Martínez, Francisco J.; San José Alonso, Julio F.; Velasco Gómez, Eloy; Tejero González, Ana; Andrés Chicote, Manuel. Libro de apuntes de Ingeniería Térmica. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 2014. ISBN 978-84-617-1729-5 (Formato digital, 507 páginas)
- Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor y masa, 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4
- Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Heat and Mass Transfer, 5ª Ed., McGraw-Hill, New York, 2015. ISBN 978-0-07-339818-1
- Juan A. de Andrés y Rodríguez-Pomatta, Santiago Aroca Lastra. Calor y frío industrial I. Volúmenes 1 y 2. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1990. Madrid.

g.2 Bibliografía complementaria**Supplementary Reading**

- Mendi Urquiola, F. Equipos de intercambio de calor. CADEM – EVE. Ente Vasco de la Energía. Bilbao. 1994. ISBN 978-84-81290-24-0
- Marín Herrero, J. M., Guillén, S. Diseño y cálculo de intercambiadores de calor monofásicos. Paraninfo, Madrid, 2013. ISBN 978-84-28304-38-2
- Kays, W.M.; London, A.L. Compact Heat Exchangers, 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc., USA. 1984. ISBN 0-07-033418-8
- Shah, Ramesh K.; Sekulic, Dusan P. Fundamentals of Heat Exchanger Design. John Wiley & Sons, New Jersey. 2003. ISBN 0-471-32171-0
- Stenhede, C. Manual Técnico de Referencia para Intercambiadores de Calor de Placas y Aplicaciones de Refrigeración y Aire Acondicionado. 4ª Ed. Alfa Laval AB, Lund. 2001 ISBN 91-630-5853-7
- Mills, A.F. Transferencia de Calor, Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. Colombia 1997 ISBN 978-84-8086-194-0
- Kays, W.M.; Crawford, M.E. Convective Heat and Mass Transfer. 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc. USA. 1993. ISBN 0-07-033721-7
- Bejan, A.; Kraus, Allan D. Heat Transfer Handbook, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2003. ISBN 0-471-39015-1

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Additional Online Resources (microlearning units, blogs, videos, digital journals, massive online courses (MOOC), etc.)

El profesor informará durante las horas presenciales de clase sobre posibles materiales adicionales que puntualmente puedan servir de apoyo a la comprensión de alguna parte específica de la materia impartida.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Al comienzo del curso se entregará a los alumnos la publicación Ingeniería Térmica del Grupo de Termotecnia.

Recursos que se utilizarán en el desarrollo de las clases y sesiones de prácticas:

- Pizarra.
- Cañón de video en el aula.
- Tablas y gráficas para resolución de problemas.
- Software técnico específico

Se recomienda que los alumnos lleven los apuntes proporcionados mediante el Campus Virtual a clase.

i. Temporalización**Course Schedule**

CARGA ECTS ECTS LOAD	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO PLANNED TEACHING PERIOD
1	Semana 11 a Semana 13.5

Bloque 5: TRANSFERENCIA DE MASA**Module 5**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1
Workload in ECTS credits:

a. Contextualización y justificación**a. Context and rationale**

La transmisión de calor es uno de los mecanismos de transporte de energía consecuencia de una diferencia de temperaturas, siendo un aspecto muy importante en la industria de cara a mejorar el intercambio de calor entre fluidos, analizar las inercias térmicas de los sistemas o reducir las pérdidas de calor con el ambiente. Todo ello puede permitir optimizar los consumos energéticos de los procesos industriales.

En el bloque se tratan los aspectos relacionados con el flujo de calor por conducción, sus características, como incrementar o reducir ese intercambio, etc.

b. Objetivos de aprendizaje**b. Learning objectives**

Conocer los procedimientos que permiten caracterizar el flujo de calor por conducción, basando su determinación en la ecuación general de la conducción, establecer los procesos unidimensionales estacionarios sin generación y analizar otras alternativas como la conducción multidimensional, en régimen transitorio, etc.

c. Contenidos**c. Contents****Tema V.1 – Introducción a la transferencia de masa**

- V.1.1 – Introducción y mecanismos de difusión másica
- V.1.2 – Analogía entre fenómenos de transporte de calor y masa
- V.1.3 – Difusión molecular
 - V.1.3.1 – Primera ley de Fick
 - V.1.3.2 – Difusión molecular estacionaria 1D
 - V.1.3.3 – Propiedades termo-físicas relevantes



- V.1.3.4 – Aplicación: Humedad y condensaciones en muros de edificios
- V.1.4 – Difusión convectiva
 - V.1.4.1 – Concepto de capa límite másica
 - V.1.4.2 – Analogías entre coeficientes de transporte dinámico, térmico y másico
 - Analogía de Reynolds
 - Analogía de Chilton-Colburn

Tema V.2 – Psicrometría

- V.2.1 – Introducción a la psicrometría
- V.2.2 – Propiedades del aire húmedo
- V.2.3 – Diagramas psicrométricos
- V.2.4 – Transformaciones psicrométricas fundamentales

Tema V.3 – Torres de enfriamiento

- V.3.1 – Concepto y consideraciones generales
- V.3.2 – Procesos fundamentales de transferencia de calor y masa en una torre de enfriamiento
 - V.3.2.1 – Evoluciones psicrométricas. Contacto aire-agua
 - V.3.2.2 – Variables y parámetros característicos
 - V.3.2.3 – Balance de energía en una torre de enfriamiento
 - V.3.2.4 – Integral de Merkel
- V.3.3 – Diseño y selección de torres de enfriamiento
- V.3.4 – Clasificación de las torres de enfriamiento
- V.3.5 – Elementos de una torre de enfriamiento
- V.3.6 – Aspectos de operación y mantenimiento
 - V.3.6.1 – Purga de agua
 - V.3.6.2 – Riesgo de proliferación de *legionella*

d. Métodos docentes**d. Teaching and Learning methods**

Clase magistral sobre pizarra en clase, disponiendo los alumnos previamente de los apuntes con los contenidos a desarrollar.

Resolución de problemas en clase.

Posibilidad de incorporar sesiones de aula invertida para partes específicas de algunos temas

Evaluación continua mediante metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los contenidos de este bloque formarán parte de los proyectos propuestos en la asignatura.

e. Plan de trabajo**e. Work plan**

Se basa en la asimilación de forma continua de las actividades metodológicas indicadas más arriba, de forma interactiva a través del esquema dialógico socrático (profesor-alumno, alumno-profesor), estimulando continuamente a los alumnos y proyectando la temática del día a día con la realidad industrial y con las actividades de desarrollo e innovación en el momento actual.

Se intercala la **resolución de ejercicios durante el desarrollo de conceptos teóricos**, buscando justificar y afianzar estos. Esta forma de proceder aborda la realización de problemas no como una mera resolución esquemática y sistemática de enunciados sino como una muestra de ingenio, que permita proporcionar una solución práctica fuera de unos caminos preestablecidos. Por lo tanto, deben contemplarse perfectamente integrados con los contenidos teóricos.

La temporalización del plan de trabajo orientativo para los distintos temas del Bloque 1 se plantea según sigue:

BLOQUE	TEMA	PERIODO
V – TRANSFERENCIA DE MASA	V.1 – Introducción a la transferencia de masa	Semanas 13 a 14
	V.2 – Psicrometría	Semanas 14



	V.3 – Torres de enfriamiento	Semanas 15
--	------------------------------	------------

f. Evaluación**f. Assessment**

- Evaluación mediante examen
- Evaluación de las prácticas
- Evaluación continua basada en las entregas del proyecto de la metodología ABP

g Material docente**g Teaching material**

La principal fuente de referencia para el estudio personal del/la alumno/a es la documentación preparada por el profesor para el seguimiento de la asignatura.

Se proporciona una bibliografía adicional suficientemente completa que sirva de referencia futura al alumno a la hora de profundizar en los distintos temas.

Esta lista bibliográfica se facilita al alumno en formato digital, organizado y vinculado a los recursos de la Universidad de Valladolid a través del instrumento **Leganto**. Los miembros de la comunidad universitaria tienen acceso a la "lista de lectura" correspondiente disponible en:

https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/lists/7926248670005774?institute=34BUC_UVA&auth=SAML

g.1 Bibliografía básica**Required Reading**

- Rey Martínez, Francisco J.; San José Alonso, Julio F.; Velasco Gómez, Eloy; Tejero González, Ana; Andrés Chicote, Manuel. Libro de apuntes de Ingeniería Térmica. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 2014. ISBN 978-84-617-1729-5 (Formato digital, 507 páginas)
- Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor y masa, 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4
- Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Heat and Mass Transfer, 5ª Ed., McGraw-Hill, New York, 2015. ISBN 978-0-07-339818-1
- Juan A. de Andrés y Rodríguez-Pomatta, Santiago Aroca Lastra. Calor y frío industrial I. Volúmenes 1 y 2. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1990. Madrid.

g.2 Bibliografía complementaria**Supplementary Reading**

- Treybal, R.E. Mass-transfer operations. 3rd Ed. McGraw-Hill, Inc. Singapore. 1981. ISBN: 0-07-066615-6
- Baehr, H.D., Karl, S. Heat and Mass Transfer. 2nd Ed. Springer. Berlin, Heidelberg. 2006 ISBN: 3540295275
- White, F.M. Heat and mass transfer. Addison-Wesley. Reading, Massachusetts. 1988. ISBN: 020117099X
- Coulson, J.M., Richardson, J.F. Chemical Engineering. Vol.1. Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer. 6th Ed., Butterworth-Heinemann. Bath. 1999. ISBN: 0-7506-444-3
- ATECYR. Fundamentos de Climatización para ingenieros y recién titulados. 2ª Ed., Editorial ATECYR. Madrid. 2019 ISBN 978-84-95010-34-6
- Miranda Barreras, A.L. Fundamentos de Climatización. Marcombo S.A. Barcelona. 2009. ISBN: 978-84-267-1424-4
- CARRIER. Manual de aire acondicionado. Marcombo S.A. Barcelona. 2017. ISBN: 978-84-267-2381-9
- Rey Martínez, F.J., Velasco Gómez, E. Ingeniería de climatización. Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, 2006, Valladolid.
- ASHRAE. 2021 ASHRAE Handbook – Fundamentals, Edita ASHRAE, 2021. ISBN 978-19-47192-90-4



- Kays, W.M.; Crawford, M.E. Convective Heat and Mass Transfer. 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc. USA. 1993. ISBN: 0-07-033721-7
- Kreith, F. The CRC handbook of thermal engineering. CRC Press LLC, USA. 1999. ISBN: 0-8493-9581-X

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Additional Online Resources (microlearning units, blogs, videos, digital journals, massive online courses (MOOC), etc.)

El profesor informará durante las horas presenciales de clase sobre posibles materiales adicionales que puntualmente puedan servir de apoyo a la comprensión de alguna parte específica de la materia impartida.

h. Recursos necesarios

Required Resources

Al comienzo del curso se entregará a los alumnos la publicación Ingeniería Térmica del Grupo de Termotecnia.

Recursos que se utilizarán en el desarrollo de las clases y sesiones de prácticas:

- Pizarra.
- Cañón de video en el aula.
- Tablas y gráficas para resolución de problemas.
- Software técnico específico

Se recomienda que los alumnos lleven los apuntes proporcionados mediante el Campus Virtual a clase.

i. Temporalización

Course Schedule

CARGA ECTS <i>ECTS LOAD</i>	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO <i>PLANNED TEACHING PERIOD</i>
1	Semana 13.5 a Semana 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Instructional Methods and guiding methodological principles

La impartición de la asignatura y el seguimiento fundamental de la evolución del/la alumno/a se basan en el carácter **presencial** de la titulación. Aunque, como se indicará más adelante, el desarrollo de las actividades presenciales pierde el carácter de “lección magistral” integrando aspectos de innovación docente mediante metodología de “**aula invertida**”, la actividad esencial y nuclear de la asignatura es la asistencia a las mismas. En ese sentido, el desarrollo de las clases de aula (teoría y problemas) se dedica a los contenidos más complejos y se enfoca en enfatizar lo más importante, se alerta sobre los errores más frecuentes y se ilustra de forma continuada apelando a las correspondientes aplicaciones en ingeniería. Todo esto justifica la importancia de la asistencia del/la alumno/a a las actividades presenciales. Adicionalmente, desde el punto de vista práctico, le ahorra al alumno muchas horas de estudio en su actividad no presencial y, si se correlaciona estadísticamente con las calificaciones, es un importante factor no solo para la superación de la asignatura sino también para obtención de diferentes niveles de excelencia en la misma. Finalmente, la clase proporciona el foro adecuado de convivencia para conocer, compartir y participar con los otros compañeros en la tarea formativa de forma activa y creativa a lo largo de la carrera.

En paralelo y de forma complementaria a la actividad derivada de las clases de aula presenciales, la asignatura contempla la introducción de aspectos de innovación docente a través de una metodología de “**Aprendizaje Basada en Proyectos, ABP**” diseñada para estructurar una parte de **trabajo no presencial en grupo** que permita trabajar conceptos específicos de clara aplicación práctica a un proyecto real mientras se facilita la adquisición eficaz de una serie de competencias generales (ej.: CG3, CG6, CG8, CG9) contempladas en la asignatura.

La **adquisición de las competencias** esperada en la ficha de la asignatura de la memoria Verifica se corresponde con lo recogido en la siguiente tabla.

Metodología y competencias de la asignatura por actividad, según la memoria Verifica

ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	TIPO	COMPETENCIAS
Clases de aula teóricas	Método expositivo	Presencial	CE26, CG8
Clases de aula de problemas	Resolución de problemas	Presencial	CE26, CG1, CG6, CG8
Prácticas de laboratorio	Aprendizaje mediante experiencias Aprendizaje basado en problemas Aprendizaje cooperativo	Presencial	CE26, CG1, CG3, CG8, CG9
Tutorías docentes		Presencial	CE26, CG1, CG6, CG8
Sesiones de evaluación		Presencial	CE26, CG1, CG4, CG6, CG7
Trabajo autónomo		No presencial	CE26, CG1, CG2, CG5, CG6, CG8, CG12
Trabajo en grupo		No presencial	CE26, CG3, CG6, CG8, CG9

A continuación, se detallan los métodos implementados para potenciar cada competencia en particular, así como las vías de seguimiento de su adquisición por el/la alumno/a, a partir del tipo de actividades establecidas en la memoria Verifica (Tabla 1 y Tabla 2) y de los recursos disponibles.

Metodología docente y seguimiento orientado a la adquisición de competencias

COMPETENCIA	METODOLOGÍA	MEDIOS
CG1 – Análisis y síntesis	Clases de teoría y aula, interactivas y complementarias al material docente	Interacción en el aula



		Tutorías presenciales
CG2 – Organización y planificación	Moodle: disponibilidad del material docente; calendario; orientación en tutorías	Campus Virtual Tutorías presenciales
CG3 – Expresión oral	Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con presentación final de resultados	Interacción en el aula Presentación final de proyectos
CG4 – Expresión escrita	Ejercicios escritos; memoria de prácticas; ABP: entregas parciales de proyecto	Retroalimentación*
CG5 – Aprendizaje / trabajo autónomo	Entrega de materiales docentes; propuesta de ejercicios complementarios	Tutorías presenciales
CG6 – Resolución de problemas	Realización de cuestiones prácticas en clase; Propuesta de ejercicios individuales	Retroalimentación* Tutorías presenciales Campus Virtual
CG7 – Razonamiento lógico / crítico	Clases de teoría y aula interactivas. Lecciones vía Moodle**	Interacción en el aula Tutorías presenciales Campus Virtual
CG8 – Aplicación práctica	ABP: desarrollo de un proyecto práctico; Prácticas de laboratorio	Herramientas de búsqueda de material bibliográfico; laboratorio; herramientas y técnicas de modelado numérico
CG9 – Trabajo en equipo	Realización de prácticas de laboratorio en grupos de 3-4 alumnos; ABP: Ejecución de un proyecto práctico en grupos de 3 alumnos; Aula invertida: trabajo en clase en grupos de 2-3 alumnos sobre cuestiones prácticas concretas	Laboratorio para realización de prácticas docentes; Moodle y email para guiar la ejecución del proyecto; In situ en el laboratorio o en el aula; haciendo observaciones, planteando cuestiones y resolviendo dudas
CG12 – Motivación y mejora continua	Cuestionarios preparatorios de las sesiones de aula invertida; seguimiento cercano del proyecto de evaluación continua	Retroalimentación; Adaptación de las sesiones de aula invertida
CE26 – Transmisión de Calor y Masa	Entrega de materiales docentes Clases de teoría y aula, interactivas y proyectadas hacia la realidad industrial Seminarios especializados (software)	Interacción en el aula Tutorías Campus Virtual Software de cálculo

* Corrección de la cuestión / ejercicio / entrega de proyecto / informes en plazo reducido (1 semana): explicación de los errores y orientación para su adecuada resolución

** Cuestiones asociadas a errores comunes y desarrolladas en niveles de conocimiento, disponibles como herramienta "Lección" de Moodle

Dentro de este cuadro metodológico, las clases de teoría y aula pierden el carácter tradicional de "lección magistral" y la figura del docente se convierte en un orientador del aprendizaje del/la alumno/a hacia los objetivos previstos. Para lograr este aprendizaje guiado de forma efectiva, se procede en dos líneas generales:

- Disponibilidad del material didáctico a través del Campus Virtual (Moodle) con antelación a las clases presenciales en aula. Es un material extenso, a la vez que focalizado en los aspectos conceptuales más relevantes y de mayor aplicación práctica. Constituye la base del trabajo no presencial del/la alumno/a y consiste en: apuntes, colecciones de problemas, problemas resueltos, lecciones de errores comunes, material audiovisual breve complementario.
- Clases orientadas hacia la presentación-discusión interactiva de la materia entre el profesor y el alumnado.

Además, a lo largo del cuatrimestre se integran diversas **sesiones en formato de 'aula invertida'**, alejadas más drásticamente del discurso magistral tradicional, en las que se busca reforzar el trabajo autónomo no presencial del/la alumno/a para acercarse a la carga nominal establecida en los créditos ECTS y fomentar la enseñanza centrada en el estudiante, incrementando su motivación y compromiso con las tareas fuera del aula. Para ello, se combina:

- Trabajo preparatorio del/la alumno/a previo a las sesiones presenciales en el que se transmite la parte más básica de la información vía online. Dicho trabajo es promovido mediante: (i) su comprobación (solicitando al alumno completar una sencilla encuesta que revela su dedicación previa y orienta al profesor sobre las principales dificultades en las que focalizar la actividad presencial posterior), y (ii) su bonificación con un porcentaje adicional sobre el 100% de la calificación final de la asignatura.
- Aprendizaje activo en clase con menos explicación magistral por parte del profesor y fomento de la participación del/la alumno/a en debates, ejercicios de discusión grupal, resolución de cuestiones de aplicación práctica, enfocado todo ello a resolver las dificultades específicas de los alumnos previamente identificadas.

Por otro lado, la metodología de **"Aprendizaje Basada en Proyectos, ABP"** busca potenciar el aprendizaje del/la alumno/a como resultado de su esfuerzo a través de la realización de un proyecto de clara aplicación práctica mediante trabajo en grupo no presencial. Los principios que guían la aplicación de esta metodología son:

- El reto para el alumno surge antes de la transferencia del conocimiento en las sesiones de aula
- La tarea a realizar consiste en un proyecto que debe terminar en un 'producto' potencialmente vendible, de acuerdo a unos criterios de calidad claros y específicos
- A partir del enunciado del proyecto, los alumnos se cuestionan sus conocimientos y necesidades, diseñan un plan de aprendizaje, y ejecutan/revisan el proyecto en un proceso iterativo
- Los alumnos trabajan en grupo
- El profesor acompaña y guía el proyecto, facilitando el proceso y ofreciendo realimentación de calidad.
- Se realizará un seguimiento continuo del trabajo, revisando entregas intermedias no evaluables que contengan versiones preliminares del producto a obtener, y una entrega (y exposición oral) final evaluable con un peso relevante en la evaluación final.
- Se promoverá la interdependencia positiva en los grupos, en la que el éxito de cada individuo dependa del éxito del resto de compañeros del grupo.

De forma complementaria a todo lo anterior, la resolución de dudas derivadas del trabajo individual del/la alumno/a posterior a las clases presenciales se realiza preferentemente de forma presencial en tutorías. No obstante, el/la alumno/a puede plantear consultas breves a través del campus virtual o del correo electrónico. También se contempla la posibilidad de atender dudas después del horario de clase, siempre que no interfiera con el resto de las asignaturas.

Finalmente, es conveniente hacer notar que el cumplimiento de los objetivos de la asignatura requiere que esta metodología permita proyectar la materia hacia la realidad industrial.

6. Tabla de dedicación del estudiantado a la asignatura

Student Workload Table

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES o A DISTANCIA ⁽¹⁾ FACE-TO-FACE/ ON-SITE or ONLINE ACTIVITIES ⁽¹⁾	HORAS HOURS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES INDEPENDENT / OFF-CAMPUS WORK	HORAS HOURS
Clases de teoría (T)	30	Preparación, estudio e interiorización de los contenidos impartidos en las clases teóricas (Individual)	40
Clases de aula para problemas (A)	15	Comprensión de los problemas resueltos en clases de aula y realización de los problemas propuestos (Individual)	20
Prácticas de laboratorio (L)	5	Comprensión de la/s prueba/s de evaluación continua, análisis del problema/proyecto planteado, búsqueda de información y recursos y resolución de la/s prueba/s (Grupal)	25
Seminarios (S)	5	Comprensión de los guiones de prácticas y confección de las memorias (Grupal)	5
Evaluación	5		
Total presencial <i>Total face-to-face</i>	60	Total no presencial. <i>Total non-face-to-face</i>	90
TOTAL presencial + no presencial <i>Total</i>			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sentado en un aula del campus sigue una clase por videoconferencia de forma síncrona, impartida por el profesor. *Distance face-to-face activity refers to a situation in which a group of students, seated in a classroom on campus, attends a class via live videoconference delivered by the instructor in real time.*

7. Sistema y características de la evaluación

Assessment system and criteria

Conforme a las directrices establecidas en la ficha de la asignatura disponible en la memoria Verifica, el sistema de evaluación se basa en los siguientes tres aspectos y límites de ponderación asociados:

- Evaluación final >> Ponderación mínima/máxima: 40% - 80%
- Evaluación continua basada en pruebas parciales, problemas, trabajos, informes, tutorías >> Ponderación mínima/máxima: 10% - 50%
- Evaluación basada en prácticas experimentales, informes de prácticas >> Ponderación mínima/máxima: 5% -45%

A continuación, se detallan los criterios de evaluación establecidos en correspondencia con dichas indicaciones, así como la metodología seguida para asegurar el cumplimiento de estos criterios.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO ASSESSMENT METHOD/PROCEDURE	PESO EN LA NOTA FINAL WEIGHT IN FINAL GRADE	OBSERVACIONES REMARKS
Evaluación continua basada en la evaluación de la entrega y exposición final del proyecto definido en la metodología ABP	10%-20%	Se dará una calificación única por grupo a la entrega y exposición final del proyecto. La exposición final será realizada por uno de los miembros del grupo, elegido de forma aleatoria justo antes de su intervención. No hay un requisito de mínimos en esta parte.



Memoria de prácticas de laboratorio	10%	La realización de las prácticas es condición necesaria para poder acceder a la evaluación escrita (se convalidan prácticas superadas en cursos anteriores). No hay un requisito de mínimos en esta parte.
Examen final escrito	70%-80%	50% parte de teoría 50% parte de problemas En la parte de problemas los alumnos disponen de toda la documentación técnica necesaria (tablas de propiedades, ábacos, gráficas, correlaciones experimentales específicas, etc.) Es necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en el examen final escrito para que se compute la ponderación con las partes de prácticas y proyecto.
Actividades propuestas fuera de horario oficial y participación en actividades de las sesiones de 'aula invertida'	(+10%)	De carácter voluntario . La asistencia, participación y/o realización de trabajos relacionados computa con hasta un 10% de nota adicional . Para la adición de esta nota se requiere aprobar la asignatura sobre los criterios anteriores. Esta parte incluye actividades complementarias que puedan proponerse (charlas de expertos, visitas a instalaciones, ferias, etc.) así como la participación en el trabajo preparatorio y sesiones de aprendizaje activo de las sesiones de 'aula invertida'

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN ASSESSMENT CRITERIA

- **Convocatoria ordinaria. First Exam Session (Ordinary)**
 - La nota final se calculará según los pesos aplicados a cada una de las partes de acuerdo con la tabla anterior. El Examen Final consistirá en una combinación de cuestiones de test (opcionalmente), cuestiones de teoría y problemas con un peso 50%-50% entre teoría y problemas.
 - El Examen Final se evalúa sobre 10 puntos y se pondera sobre 70%-80% de la nota final.
 - No hay nota mínima en cada parte (teoría y problemas). La nota mínima en el global del Examen Final es de 4 puntos sobre 10 para poder optar a compensar la nota final con las prácticas y la evaluación continua.
- **Convocatoria extraordinaria^(*) Second Exam Session (Extraordinary / Resit) ^(*):**
 - Se mantienen los criterios de la convocatoria ordinaria, incluyendo las notas obtenidas en las prácticas, si bien podrá accederse a la máxima calificación sin resultar obligatoria la asistencia a clase o la participación en pruebas de evaluación continua anteriores.
- **Convocatoria extraordinaria Final de carrera.**
 - Aplican los mismos criterios que para la convocatoria extraordinaria

(*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.

RECORDATORIO El estudiante debe poder puntuar sobre 10 en la convocatoria extraordinaria salvo en los casos especiales indicados en el Art 35.4 del ROA 35.4. "La participación en la convocatoria extraordinaria no quedará sujeta a la asistencia a clase ni a la presencia en pruebas anteriores, salvo en los casos de prácticas externas, laboratorios u otras actividades cuya evaluación no fuera posible sin la previa realización de las mencionadas pruebas."

(*)The term "second exam session (extraordinary/resit)" refers to the second official examination opportunity.

REMINDER Students must be assessed on a scale of 0 to 10 in the extraordinary session, except in the special cases indicated in Article 35.4 of the ROA: "Participation in the extraordinary exam session shall not be subject to class attendance or participation in previous assessments, except in cases involving external internships, laboratory work, or other activities for which evaluation would not be possible without prior completion of the aforementioned components."



<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

8. Consideraciones finales

Final remarks

No hay consideraciones finales adicionales

