

## Guía docente

### 240171 - 240171 - Termotecnia

Última modificación: 16/12/2024

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

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (Plan 2010). (Asignatura obligatoria).  
GRADO EN INGENIERÍA DE AUTOMOCIÓN (Plan 2017). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Catalán

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Ruiz Mansilla, Rafael

**Otros:** Capdevila Paramio, Roser  
Jaramillo Fernández, Juliana  
Martínez Ballester, Santiago  
Mas de les Valls, Elisabet  
Ruiz Mansilla, Rafael  
Velo García, Enric  
Javier Pascualena  
Miquel Ardanuy  
Thibault Péan

#### REQUISITOS

---

Termodinámica y Mecánica de Fluidos

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

##### Específicas:

1. Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.
2. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
3. Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, la termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
4. Conocimiento de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.
5. Conocimiento de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos.
6. Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.
7. Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

#### Transversales:

8. APRENDIZAJE AUTÓNOMO: Detectar deficiencias en el propio conocimiento y superarlas mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento.
9. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA: Comunicarse de forma oral y escrita con otras personas sobre los resultados del aprendizaje, de la elaboración del pensamiento y de la toma de decisiones; participar en debates sobre temas de la propia especialidad.
10. EMPREDEDURÍA E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que definen su actividad; capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.
11. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; habilidad para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
12. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.
13. 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.
14. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

---

En las clases se combina la teoría con los problemas, invitando a los estudiantes a participar activamente. Se promueve el análisis de casos, el pensamiento crítico y el trabajo continuado a lo largo del curso.

La teoría se expone contextualizada en la industria y las necesidades de la sociedad para motivar y mostrar al estudiantado la relevancia de la transferencia de calor. Esta explicación se acompaña de modelos matemáticos de cálculo, detallando sus restricciones y su ámbito de aplicación. Los problemas realizados en clase permiten al estudiantado profundizar en los conceptos básicos y en el cálculo de la transferencia de calor con un grado creciente de dificultad, haciendo especial énfasis en la interpretación de resultados.

En el laboratorio el alumnado tiene la oportunidad de conocer los aparatos y la metodología para la determinación experimental de magnitudes y parámetros térmicos, profundizar en la utilización de correlaciones, así como en la validación de los resultados obtenidos mediante el ajuste de los balances de energía. .

La práctica numérica con ANSYS permite realizar una aproximación a una herramienta potente de métodos numéricos para resolver un problema complejo de conducción y comparar los resultados con una solución analítica o numérica simplificada resuelta previamente. Además permite al estudiantado aplicar con creatividad los conceptos aprendidos para mejorar una propuesta de diseño.

Los trabajos dirigidos consisten normalmente en el planteamiento y resolución de problemas. Éstos se proponen para entregar en papel o bien empleando el entorno del Campus de ATENEA. El profesorado por tanto podrá proponer y recoger ejercicios por escrito a lo largo del curso.

Como soporte a la docencia, en el Campus ATENEA, el alumnado dispone de materiales de estudio para el seguimiento de la asignatura. Asimismo, para el estudio personal dispone también de apuntes de la asignatura y de bibliografía básica de referencia, disponible en la biblioteca del centro. Le pueden ayudar los apuntes que encontrará en el siguiente enlace,

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/401239>

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Competencias de la titulación a las que contribuye la asignatura

Específicas:

1. Saber determinar distribuciones de temperatura y la transferencia de calor por conducción, convección y / o radiación en sistemas diversos.
2. Conocer los principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

Objetivo general

1. Introducir los conceptos teóricos, terminología, convenios, principios, leyes fundamentales y metodologías de cálculo de la transferencia de calor por conducción, convección y radiación.
2. Se pretende facilitar unos conocimientos básicos que sirvan de punto de partida para asignaturas de máster donde se trate la modelización de los fenómenos de transmisión de calor con generación y / o acumulación presentes en la industria y el diseño de equipos industriales.

Objetivos específicos

1. Saber determinar y reducir, en su caso, las pérdidas de calor de cualquier sistema no isotérmico (tuberías, muros, aletas, etc.) empleando soluciones analíticas o bien numéricas.
2. Conocer las bases de los intercambiadores de calor. Saber determinar el canje de potencia térmica entre dos fluidos en movimiento a diferentes temperaturas (flujo interno en conductos)
3. Saber calcular un balance espectral de potencia radiante térmica entre las superficies de un recinto (horno) con un medio no participante (aire seco o vacío). Conocer las bases del efecto invernadero.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

| Tipo                       | Horas | Porcentaje |
|----------------------------|-------|------------|
| Horas grupo grande         | 50,0  | 33.33      |
| Horas grupo pequeño        | 10,0  | 6.67       |
| Horas aprendizaje autónomo | 90,0  | 60.00      |

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### INTRODUCCIÓN

#### Descripción:

Objeto y alcance de la asignatura. Concepto de calor y transferencia de calor. Mecanismos de transferencia de calor. Conducción y primera ley de Fourier. Convección y ley del enfriamiento de Newton. Radiación y la ley de Stefan-Boltzmann. Resistencia y conductancia térmica. Mecanismos combinados. Coeficiente global de transferencia de calor (U). Conservación de la energía en un volumen de control. Propiedades térmicas de la materia. Unidades.

#### Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 9h

### CONDUCCIÓN UNIDIMENSIONAL EN ESTADO ESTACIONARIO

**Descripción:**

Ecuación de la difusión del calor. Condiciones iniciales y de contorno. Paredes planas y sistemas radiales. Integración de la primera ley de Fourier. Conductancia térmica. Mecanismos combinados. Resistencia de contacto. Aislantes térmicos. Radio crítico con  $h$  variable. Conducción con generación de energía térmica. Transferencia de calor en superficies extendidas o aletas.

**Dedicación:** 30h

Grupo grande/Teoría: 12h

Aprendizaje autónomo: 18h

### MÉTODOS NUMÉRICOS (ESTADO ESTACIONARIO Y TRANSITORIO)

**Descripción:**

Soluciones analíticas de la ecuación de la difusión del calor. Sólidos ideales. Método de la resistencia interna despreciable. Soluciones por métodos numéricos. Discretización del espacio y el tiempo. Diferencias finitas. Método del balance de energía. Régimen estacionario y transitorio. Cálculo de conductancias. Introducción a un software comercial de alto nivel: ANSYS que funciona bajo el sistema operativo WINDOWS. Resolución con ANSYS de ejercicios numéricos de geometrías complejas y con condiciones de contorno extraídas del mundo industrial.

**Dedicación:** 35h

Grupo grande/Teoría: 14h

Aprendizaje autónomo: 21h

### CONVECCIÓN

**Descripción:**

Ecuaciones de Navier-Stokes y de conservación de la energía. Números adimensionales. Número de Nusselt. Correlaciones. Capa límite hidrodinámica y térmica. Ecuaciones de balance. Perfil de velocidades y temperatura. Definición del coeficiente de convección. Flujo interno turbulento en conductos. Número de Nusselt. Fórmulas de Filonenko y Gnielinski. Ecuación diferencial del balance de energía en un conducto. Condiciones de contorno. Doble tubo. Intercambiadores de calor.

**Dedicación:** 22h

Grupo grande/Teoría: 9h

Aprendizaje autónomo: 13h

### RADIACIÓN TÉRMICA

**Descripción:**

Naturaleza y características de la radiación térmica. Flujos superficiales hemisféricos. Cuerpo negro. Intensidad de radiación. Ley de distribución de Planck. Función de radiación. Leyes de Kirchhoff. Factores de visión. Balance espectral de energía radiante en un recinto de  $N$  superficies lambertiana. Efecto invernadero.

**Dedicación:** 35h

Grupo grande/Teoría: 14h

Aprendizaje autónomo: 21h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

Se utilizan las notas siguientes:

- 1) Nota examen final (NEx\_F). Es la nota de la prueba que se realizará en la fecha que fije la Escuela
- 2) Nota examen parcial (NEx\_P). Es la nota de la prueba parcial que se realizará a mitad del cuatrimestre en la fecha que fije la Escuela.
- 3) Nota laboratorio (NPr\_LAB). Corresponde a la nota de las prácticas de laboratorio y se obtendrá a partir de los informes entregados, de la actitud proactiva en el laboratorio y del cuestionario previo de conocimientos básicos que se realizará al entrar en el laboratorio.
- 4) Nota examen de métodos numéricos (NEx\_NUM). Coincidiendo con el examen final, se realizará una prueba individual del tema de métodos numéricos.
- 5) Práctica de simulación numérica con ANSYS (NPr\_NUM). Se expondrá también algún ejemplo de simulación numérica resuelto en ANSYS y se explicará (2h) como se aplican las diferentes condiciones de contorno con este programa, última versión para estudiantes (32500 nodos). Organizados con grupos de 4 alumnos como máximo, se propondrá un ejercicio de geometría compleja, que habrán de resolver con esta herramienta avanzada de simulación numérica.
- 6) Nota de evaluación continua (N\_AvC). El profesorado de cada grupo de teoría evaluará a lo largo del curso al estudiantado de su grupo, en base a los elementos que considere oportuno como la asistencia, actitud, participación y realización de ejercicios durante las clases, entre otros.

La nota final de la asignatura N\_FINAL es:

$$N\_FINAL = 0,50 \cdot NEx\_F + 0,15 \cdot NEx\_P + 0,10 \cdot NEx\_NUM + 0,10 \cdot NPr\_NUM + 0,05 \cdot NPr\_LAB + 0,10 \cdot N\_AvC$$

Únicamente con el objetivo de mejorar la nota, el profesorado se reserva la posibilidad de incorporar en su caso de otros elementos o criterios de evaluación.

---

### REEVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

La nota final de la asignatura en la reevaluación (N\_FINAL\_RE) es directamente la nota obtenida en el examen de reevaluación (N\_EF\_RE), que sustituye todas las notas anteriores.

### CONVALIDACIONES

Se convalida automáticamente la nota de práctica numérica con ANSYS (NPr\_NUM) y/o la práctica de laboratorio (NPr\_LAB) (únicamente si se tiene aprobada en el cuatrimestre anterior, si es anterior debe volver a realizarse). El estudiantado repetidor que quiera mejorar la nota de laboratorio puede repetirla, y quien quiera mejorar la nota de práctica numérica también puede volverla a hacer (se puede repetir una, otra o ambas, sin riesgo de bajar nota en ningún caso).

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Examen final: focalizado en los temas 4 y 5, constará de 2 ejercicios o problemas abiertos que pueden incluir preguntas conceptuales. Duración total aproximada del examen: 2 horas.

Examen parcial: incluirá preguntas conceptuales y / o ejercicios de cálculo. Su contenido hará referencia al temario visto en clase hasta la fecha del examen.

Hay programadas prácticas experimentales. El estudiantado deberá leer anticipadamente el texto de la práctica que encontrará en el campus digital y deberá entregar el informe correspondiente al final de la sesión de prácticas.

En el examen de re-evaluación entra todo el temario y los contenidos de prácticas. Duración aproximada 3-4 h. Los exámenes de re-evaluación, son similares a los realizados durante todo el curso.

Durante la realización de cualquiera de los exámenes el estudiantado únicamente podrá llevar una calculadora programable y una hoja impresa con el formulario específico de aquella prueba, que se encuentra en el campus digital.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Bonals Muntada, Ll. A. Transferència de calor : apunts de classe (Termotècnia - 240171) [en línea]. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica, 2016 [Consulta: 13/09/2022]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/90176>. ISBN 9788495355898.
- Ruiz, R et al.. Termotecnia: síntesis de la asignatura [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2022 [Consulta: 22/06/2022]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/401239>.
- Bergman, T. L.. Fundamentals of heat and mass transfer. 8th ed. New York: Wiley, 2020. ISBN 9781119722489.

**Complementaria:**

- Mills, Anthony F. Transferencia de Calor. Mexico: Irwin, 1995. ISBN 8480861940.
- Rohsenow, Warren M. ed. Handbook of heat transfer. 3th ed. New York: McGraw-Hill, 1998. ISBN 0070535558.