

## 60818 - Ingeniería térmica

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2021/22

**Asignatura:** 60818 - Ingeniería térmica

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 532 - Máster Universitario en Ingeniería Industrial

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 1

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Completar la formación común a la rama industrial en los siguientes ámbitos:

Transferencia de calor: conducción, convección, intercambiadores de calor y radiación térmica.

Producción de calor: balances de materia y energía en combustión.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos

7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos

7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas

7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética

ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras

9.4. De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

ODS 13. Acción por el clima

13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura obligatoria de Ingeniería Térmica sirve de puente entre la asignatura obligatoria de Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transferencia de Calor, impartida en los grados de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica y Automática, y la asignatura de Tecnología Energética, obligatoria en el Máster Universitario de Ingeniería Industrial, que se imparte para los alumnos de dichos grados en el segundo cuatrimestre del primer curso. Su objetivo es completar la formación para comprender las transformaciones energéticas y poder llevar a cabo el análisis y diseño de instalaciones térmicas para la generación, transformación, transferencia y uso de la energía.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Como egresados de grados de ingeniería de la rama industrial, los alumnos han debido adquirir las competencias de formación básica y las comunes a la rama industrial de la orden CIN351/2007, en especial se utilizarán "Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería" y "Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.", así como conocimientos básicos de química y mecánica de fluidos.

Resultará indispensable la soltura con ciertos conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, representaciones gráficas, etc. También la resolución de ecuaciones diferenciales sencillas.

Se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases de teoría y problemas, así como un estudio continuado de los

contenidos de la asignatura, la preparación de los problemas prácticos que puedan ser resueltos en sesiones posteriores, el estudio de los guiones y la elaboración de los resultados de las prácticas.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

#### Competencias específicas

Conocimientos aplicados de Ingeniería térmica (CE1).

#### Competencias generales

- Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de la ingeniería energética (CG1).
- Proyectar, calcular y diseñar productos, instalaciones y plantas energéticas (CG2).
- Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares (CG8).
- Saber comunicar conclusiones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades (CG10).
- Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan un estudio autodirigido o autónomo (CG11).

### 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

Es capaz de resolver problemas de transferencia de calor que involucren conducción, convección forzada y natural y radiación.

Es capaz de realizar el dimensionamiento térmico de intercambiadores de calor

Es capaz de realizar cálculos de balances de masa y energía en combustión de sólidos, líquidos y gases y calcular el rendimiento de equipos de combustión.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje de la asignatura son fundamentales para la obtención del Máster en Ingeniería Industrial, ya que con ellos el estudiante será capaz de diseñar, analizar y optimizar instalaciones energéticas, que permiten el actual desarrollo social, tecnológico y económico.

De acuerdo con las competencias profesionales de esta titulación, el estudiante deberá abordar proyectos para mejorar el rendimiento de una instalación determinada, obtener el mismo resultado mediante un sistema o equipo diferente, utilizar un fenómeno particular con un fin determinado o inventar nuevas aplicaciones del mismo.

La asignatura de Ingeniería Térmica dota al estudiante de las herramientas para abordar estas tareas con éxito, junto con asignaturas posteriores que profundizan en ciertos aspectos y presentan técnicas y métodos de análisis más avanzados. Asimismo, su formación se complementará utilizando herramientas informáticas adecuadas para completar modelados ingenieriles de equipos y sistemas de interés en la industria.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación:**

#### Evaluación continua

Los alumnos que lo deseen pueden optar por evaluación continua, que consistirá en:

- Dos exámenes teórico prácticos (uno en el mes de noviembre y otro los días reservados para evaluación continua al final del periodo de clases), que serán eliminatorios de materia. Los exámenes teórico-prácticos parciales seguirán el mismo formato que el examen teórico-práctico global. Estos exámenes teórico prácticos supondrán el 80% de la nota final, en caso de ser aprobados. El primero valdrá un 52% y el segundo un 28%, en proporción a la parte del temario incluida en cada uno.
- Evaluación de los trabajos prácticos entregados durante el curso, que supondrá un 20% de la nota de la

convocatoria. El número de trabajos y si es individual o de grupo se comunicará a principio de curso.

Los alumnos que hayan optado por evaluación continua y hayan suspendido alguno de los exámenes teórico-prácticos podrán recuperarlos en la prueba global de la convocatoria de febrero. Para aprobar por evaluación continua es necesario que la media ponderada de los exámenes teórico-prácticos sea superior a 4.0.

#### **Evaluación global:**

Se realizará mediante un examen teórico práctico que constará de dos partes:

- Prueba objetiva sobre conceptos básicos de la asignatura (puede incluir cálculos sencillos). Sin apuntes, se podrá llevar calculadora y un formulario especial (30% del examen teórico práctico).
- Examen de problemas, con dos o tres ejercicios, con apuntes. Se permitirá el uso de calculadora y ordenador para la realización de los cálculos (70% del examen teórico práctico)

La nota para aprobar en evaluación global es 5.0 en promedio ponderado de ambas partes. No hay nota mínima para promediar.

Se recuerda que según el artículo 10 del "Reglamento de normas de evaluación del aprendizaje" de la **Universidad de Zaragoza**, "La segunda convocatoria de evaluación, a la que tendrán derecho todos los estudiantes que no hayan superado la asignatura, se llevará a cabo mediante una prueba global realizada en el periodo establecido al efecto por el Consejo de Gobierno en el calendario académico.". Por tanto, las notas de evaluación continua no se guardan para septiembre.

#### **Criterios de valoración y niveles de exigencia**

En todas las actividades de evaluación se valorarán los siguientes aspectos y cualidades en el grado indicado en cada caso:

- Realización propia de las tareas: si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente sería cero.
- Correcto planteamiento razonado del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas planteados.
- Corrección del resultado numérico obtenido en cada uno de los apartados
- Corrección y claridad en la comunicación escrita: correcta ortografía, letra clara, correcta expresión, estructura de contenidos coherente.
- Análisis crítico de los resultados: coherencia, relación con otros aspectos de la asignatura, posibilidades de mejora, etc.
- Adicionalmente, para las actividades prácticas y trabajos tutorados se valorará también:
- Entrega en el plazo estipulado: no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa debidamente justificada.
- Entrega en el formato y procedimiento indicado por el profesor.

## **4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos**

### **4.1. Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las clases magistrales se imparten al grupo completo, a razón de 3 horas semanales. En estas sesiones se explican los conceptos teóricos y se realizan problemas de aplicación.

Durante el curso se realizan 5 sesiones prácticas de tres horas de duración, en semanas alternas. En estas sesiones prácticas se resuelven problemas de forma más participativa, dejando tiempo para que los alumnos los resuelvan por sí mismos con la asistencia personalizada del profesor. Se utiliza el ordenador como herramienta de cálculo para un uso más eficiente del tiempo y para poder realizar problemas más complejos en los que la resolución con calculadora no es operativa por requerir mayor tiempo y presentar dificultades en algunos casos, como por ejemplo si hay variables que no se pueden despejar y requieren de resolución iterativa.

En función de los medios disponibles, alguna sesión práctica se puede dedicar a prácticas de laboratorio.

Para algunas partes de la asignatura que requieren cálculos muy largos o complicados que no hay tiempo de trabajar en clase, se propondrán trabajos tutorizados en grupos de 2 o 3 alumnos.

En estas actividades se espera que la interacción con el profesor ayude al alumno en la comprensión de la asignatura.

La asistencia a clase deberá ser completada con el estudio personal, a razón, aproximadamente, de una hora y media de estudio por hora presencial de clase. Para las dudas o cuestiones que surjan durante el estudio, el profesor estará disponible en el horario de tutorías que se determine a principio de curso.

### **4.2. Actividades de aprendizaje**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades?**

**Clases magistrales y de resolución de problemas y casos:** Se desarrollarán a lo largo del cuatrimestre, incluyendo la resolución de problemas, mediante 3 horas de clases semanales en horario asignado por el centro. Es, por tanto, una actividad presencial, de asistencia no obligatoria, pero altamente recomendable. El programa previsto de la asignatura se

muestra en el apartado ?Programa?.

**Prácticas de laboratorio:** Se realizarán **5 6** sesiones de **3 2 h** dedicadas fundamentalmente a resolución de problemas con ordenador, en función de la disponibilidad de tiempo y equipos puede realizarse alguna sesión de laboratorio.

**Realización de trabajos de aplicación:** A lo largo del cuatrimestre, de forma coordinada con las clases magistrales y para complementar a las prácticas, se plantearán varios casos prácticos realistas que se resolverán en grupos pequeños con la tutela del profesor

**Estudio y trabajo personal:** Esta es la parte principal no presencial de la asignatura, que se estima en unas 60 horas, necesarias para el estudio de teoría, resolución de problemas y preparación de las pruebas escritas.

**Tutela personalizada profesor-alumno:** El profesor publicará en la web de la EINA un horario de atención a los estudiantes para que puedan acudir a realizar consultas de manera ordenada a lo largo del cuatrimestre.

**Pruebas de evaluación:** la EINA planificará las fechas de las dos convocatorias, febrero y septiembre y las publicará en la web de la EINA.

### 4.3. Programa

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos se expone a continuación...**

El programa de la asignatura será organizado al comienzo del curso en función del perfil del alumnado y cubrirá los objetivos propuestos tanto en los aspectos teóricos como los prácticos de los siguientes temas:

1. Modos de transferencia de calor. Ecuaciones básicas
2. Conducción del calor. Ecuación del calor. Conducción 1D estacionaria: resistencia y circuitos térmicos. Sistemas activos. Factor de forma. Conducción unidimensional aproximada. Aletas de refrigeración. Conducción transitoria: sistemas de parámetros agrupados.
3. Convección del calor. Ecuaciones y números adimensionales. Convección forzada. Convección natural
4. Intercambiadores de calor.
5. Radiación térmica.
6. Balances de materia y energía en combustión.

Programa de prácticas y trabajos.

- Cálculo de bancos de aletas.
- Convección forzada externa. Estimación experimental del coeficiente de convección.
- Cálculo de coeficientes de convección.
- Diseño y análisis de intercambiadores de calor
- Radiación térmica: radiación ambiental y cavidades de superficies grises
- Combustión: Balances de materia y energía. Rendimiento de una caldera.
- Transferencia de calor multimodo.

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

#### Calendario de sesiones teórico-prácticas y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en la página web de la EINA).

El profesor informará de su horario de atención de tutoría al comienzo del cuatrimestre.

El resto de actividades se planificará en función del encargo docente fijado, según el número de alumnos matriculados, y se dará a conocer con la suficiente antelación en clase y a través de Moodle.

Las fechas de inicio y finalización de la asignatura y las horas concretas de impartición se podrán encontrar en la página web de la escuela <https://eina.unizar.es/> en las secciones "calendarios" y "horarios"

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación adicional sobre la asignatura, se publicará en la plataforma "Anillo Digital Docente", a la que tienen acceso los alumnos matriculados.

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas **3 horas** de clases, que se destinarán a clases magistrales de teoría y a clases de resolución de problemas.
- Cada estudiante realizará **5 prácticas**, hasta completar un total de **15 horas** en actividades prácticas. Estas prácticas serán programadas en los horarios habilitados para ello por la escuela de tal manera que se realice aproximadamente una práctica cada dos semanas.
- A principio de curso se dará a conocer el calendario de prácticas y las fechas de pruebas parciales de evaluación continua. Las fechas entrega y recogida de trabajos prácticos se anunciarán con la suficiente antelación durante el curso.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial serán fijadas por la escuela ([https://eina.unizar.es/sección "Exámenes y convocatorias"](https://eina.unizar.es/sección%20Exámenes%20y%20convocatorias)).

## 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=60818>