

## 60804 - Tecnología energética

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2019/20

**Asignatura:** 60804 - Tecnología energética

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

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

**Créditos:** 4.5

**Curso:** 1

**Periodo de impartición:** 532-Primer semestre o Segundo semestre

107-Primer semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:** ---

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

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

El objetivo de la asignatura es el aprendizaje de conceptos avanzados relacionados con los campos de la Ingeniería Térmica y la Termotecnia, combinando el estudio de las fuentes de energía, de los sistemas de producción energética basados en recursos de origen fósil y renovable, de la configuración de grandes plantas termoeléctricas y de la gestión y viabilidad técnico-económica de instalaciones de producción de energía para suministro a procesos industriales intensivos en demandas térmicas.

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

La asignatura combina conocimientos de Termodinámica Técnica, Transferencia de Calor e Ingeniería Térmica, así como de otras ramas como Matemáticas, Física, Mecánica de Fluidos, Ingeniería Eléctrica y Economía. Además del dimensionado y caracterización desde el punto de vista térmico, se abordan estudios de viabilidad económicos y de impacto medioambiental, que se encuentran estrechamente relacionados con otras materias de la titulación.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

En esta asignatura se parte de la base de que el estudiante ha adquirido previamente todas las competencias básicas y comunes a la rama industrial y algunas de tecnología específica la orden CIN351/2009, en particular:

- Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la termodinámica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería
- Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.
- 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.
- Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.

Para superar la asignatura se requiere de trabajo y estudio continuado desde el primer día de su impartición, ya que de lo contrario el aprendizaje resultará infructuoso. La asistencia a las clases es muy recomendable, así como la resolución de los problemas y ejercicios propuestos. Se sugiere asimismo la preparación previa de las sesiones de prácticas a través de la lectura y comprensión de los guiones disponibles.

Es importante que el alumno realice un seguimiento continuado de los contenidos impartidos, para lo cual puede contar con la asesoría del profesorado, tanto durante las clases de teoría como en las horas de tutoría destinadas a ello.

## 2.Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1.Competencias

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

Competencias específicas

CM5.- Conocer y ser capaz de diseñar y analizar máquinas y motores térmicos e instalaciones de calor y frío industrial.

CM6.- Ser capaz de comprender, analizar, explotar y gestionar las diferentes fuentes de energía.

Competencias generales

CG1.- Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de la ingeniería energética.

CG2.- Proyectar, calcular y diseñar productos, instalaciones y plantas energéticas.

CG6.- Gestionar técnica y económicamente proyectos, plantas, instalaciones, empresas y centros productivos.

CG8.- Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CG9.- Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios, incluyendo reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas.

CG10.- Saber comunicar conclusiones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG11.- Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan un estudio autodirigido o autónomo.

CG12.- Conocer, comprender y saber aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

### 2.2.Resultados de aprendizaje

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

Conoce la estructura energética española, europea y mundial.

Conoce las principales características de los combustibles de origen fósil y sus usos energéticos

Conoce los principales recursos energéticos renovables y sabe realizar cálculos acerca de su dimensionado o producción.

Conoce las tecnologías de generación termoeléctrica convencional y puede realizar cálculos de los ciclos de potencia más habituales y de cada uno de los principales sistemas componentes de centrales.

Conoce y es capaz de seleccionar y dimensionar sistemas de producción de energía para atender demandas de calor, frío y electricidad de un centro consumidor mediante sistemas de cogeneración, trigeneración o de producción separada de calor y/o frío y compra de electricidad.

Comprende la gestión de la energía en la industria, y es capaz de proponer soluciones de ahorro de energía en sistemas industriales de producción, transformación y consumo.

### 2.3.Importancia de los resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje de la asignatura son fundamentales ya que con ellos el estudiante será capaz de diseñar y analizar sistemas energéticos, conocer la gestión de fuentes de energía y llevar a cabo el dimensionado de sistemas y equipos de generación, transformación y suministro en el ámbito industrial. Asimismo, su formación se complementará utilizando herramientas informáticas adecuadas para completar modelados ingenieriles de equipos y sistemas de interés en la industria. Todo ello con las limitaciones inherentes al tiempo y presupuesto disponibles.

## 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**

Esta asignatura ofrece la posibilidad de evaluación continua o evaluación global:

#### EVALUACIÓN CONTINUA

- **Trabajo práctico (30%):** Se formarán grupos de trabajo compuestos por entre 6-8 estudiantes que deberán realizar un trabajo académico consistente en el cálculo del suministro energético a una industria o proceso utilizando distintas fuentes de energía y su evaluación económica. El trabajo se realizará siguiendo el "método del caso" y se utilizará tanto conceptos explicados en la parte de teoría como conocimientos adquiridos de forma autónoma por los estudiantes. En caso de detectarse plagio entre distintos grupos de prácticas, todos los implicados tendrán una nota de cero puntos en ese trabajo, tanto los autores del trabajo fuente como los del

copiado. La evaluación del trabajo tendrá una nota de grupo basada en la memoria presentada y una nota individual que cada alumno obtendrá mediante un examen escrito o presentación oral (dependiendo del número de alumnos del curso) y que reflejará la adquisición cualitativa del cada miembro del grupo de las competencias desarrolladas en el trabajo. La nota mínima que debe obtenerse en el trabajo para superar la asignatura es de 4/10:

- **Exámenes de teoría (70%)** Consistirá en la realización durante el curso de tres pruebas objetivas. Las fechas de realización de las mismas se anunciarán al principio de curso, previa coordinación con el resto de las asignaturas del cuatrimestre. Se incluirán tanto preguntas de opción múltiple o similar como cálculos sencillos de respuesta abierta. Las respuestas de opción múltiple descontarán en el caso de respuesta errónea. Para superar esta parte por evaluación continua ha de obtenerse una nota mínima de 5 en el promedio de las tres pruebas. A cada una de las pruebas se podrá llevar como material de apoyo dos carillas A4 preparadas individualmente por cada estudiante y que se entregarán al final del examen. Si se detecta material de apoyo exactamente igual (impreso o fotocopiado) utilizado por varios alumnos, la nota obtenida por los mismos se dividirá por la mitad.

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.**

#### **PRUEBA GLOBAL (CONVOCATORIAS OFICIALES - 100%)**

En las dos convocatorias oficiales se llevará a cabo la evaluación global del estudiante, realizándose las pruebas que se detallan a continuación:

- **Examen de teoría (70%)** Se incluirán tanto preguntas de opción múltiple o similar como cálculos sencillos de respuesta abierta. Las respuestas de opción múltiple descontarán en el caso de respuesta errónea. Esta prueba tendrá el mismo formato que las de evaluación continua, incluyendo la totalidad del temario. Se podrán llevar, hasta 6 carillas A4 de notas elaboradas individualmente, y que se entregarán al final del examen. Si se detecta material de apoyo exactamente igual (impreso o fotocopiado) utilizado por varios alumnos, la nota obtenida por los mismos se dividirá por la mitad.
- **Examen Práctico (30%).** Este examen consistirá en la realización en el ordenador de modificaciones o cálculos adicionales sobre una serie de trabajos prácticos propuestos durante el curso y diversas preguntas sobre conceptos o temas directamente relacionados con los mismos. En el examen se podrán consultar los guiones de prácticas y se deberán llevar hechas las prácticas propuestas para resolver los casos modificando los ficheros trabajados previamente por el estudiante, así como los apuntes de teoría de la asignatura y cualquier otro material impreso o en formato electrónico.

**NOTA GLOBAL:** para que las notas de teoría y prácticas promedien, se deberá obtener un mínimo de 4 puntos sobre 10. En caso de que la nota de alguna de las partes sea menor que 4, la nota máxima en actas será 4.0.

## **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:**

En las clases magistrales se explican las cuestiones tecnológicas relacionadas con los distintos temas, aplicando conocimientos previos del estudiante y completándolos en algunos aspectos. Dado el poco tiempo disponible, se han eliminado los problemas en la pizarra, ya que los ejemplos cortos y sencillos para hacer en la pizarra son más propios de las asignaturas del grado: en esta asignatura, los problemas han de resolverse necesariamente con la ayuda de un ordenador. Por tanto la parte práctica se trabaja en las sesiones prácticas con ordenador, donde se pueden abordar problemas de la longitud y complejidad requerida por el nivel de máster.

### **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:** Durante estas clases se expondrán los temas del programa (sección 5.3). En estos temas se describirá la evolución, estado y expectativas de la tecnología, explicando el porqué de la misma, utilizando tanto argumentos técnicos como legales, sociales, económicos o políticos que en ocasiones son tan importantes como

los tecnológicos. También se ampliarán cuestiones técnicas relacionadas con las ciencias térmicas y que no han sido suficientemente tratadas en los grados previos.

- **Resolución de problemas y casos y prácticas de laboratorio (ordenador):** Durante las sesiones de prácticas se resolverán casos utilizando el ordenador con la asistencia del profesor. En dichas sesiones se comenzará con una exposición del problema y una explicación, aplicada al caso, de los procedimientos de cálculo necesarios. Estos procedimientos pueden ser una aplicación de lo visto en teoría o bien pueden ser específicos de la práctica.
- **Realización de trabajos de aplicación:** Durante el curso se realizará un trabajo en grupo que consistirá en la propuesta de abastecimiento energético a una empresa, servicio o proceso. Para ello se empleará el método del caso, que implica la búsqueda de información por parte de los alumnos y se apoyará con explicaciones y trabajo en grupos pequeños durante las sesiones de prácticas. Dependiendo del número de alumnos y disponibilidad de presupuesto, el trabajo se vinculará con la visita a una empresa que se realizará en la primera parte del curso.
- **Tutela personalizada profesor alumno:** el profesorado de la asignatura estará disponible durante las horas de tutoría o con cita previa para solucionar las dudas que hayan surgido durante el estudio. Así mismo, habrá tutorías especiales para el seguimiento de trabajo de evaluación con los grupos formados a tal efecto.
- **Estudio y trabajo personal**
- **Pruebas de evaluación**

### 4.3. Programa

#### Programa de teoría

##### 1- Introducción/repaso

- Fuentes de energía y tecnología energética. Historia breve y contexto actual del uso de la energía. Delimitación de la asignatura
- Repaso: Unidades. Terminología energética. Propiedades termodinámicas y balances de energía de sistemas técnicos. Segundo principio de termodinámica. Energía primaria y energía final.
- Balance energético de la tierra. Cuantificación de recursos fósiles. Reservas probadas. Ratios reservas/consumo. Picos de producción
- Tamaños, costes y rendimientos típicos de equipos energéticos
- Estadísticas de energía primaria y final por sectores de actividad. Fuentes de datos.
- Repaso: Análisis económico de proyectos.

##### 2- Combustibles fósiles

- Carbón. Petróleo y derivados líquidos. Gas natural y GLPs. Otros combustibles fósiles
- Características como fuente de energía. Emisiones. Usos energéticos
- Extracción, refinado y tratamiento, transporte y distribución. Infraestructura energética
- Características particulares. Composiciones convencionales. Normas, especificaciones y clasificaciones.
- Intercambiabilidad de combustibles

##### 3- Fuentes y tecnologías renovables

- Energía solar. Recurso solar. Colectores solares. Centrales eléctricas termosolares. Células y paneles fotovoltaicos
- Energía eólica. Recurso eólico. Aerogeneradores
- Energía de la biomasa. Biomasa seca y húmeda. Recurso, propiedades y caracterización. Manejo y tratamientos de la biomasa. Procesos termoquímicos. Combustión. Gasificación y pirólisis. Producción de biogas. Biocombustibles líquidos

##### 4- Centrales de potencia de vapor

- Contexto: tipos e implantación de centrales termoeléctricas
- Descripción general y rendimientos de una central de vapor
- Generador de vapor. Circulación agua-vapor. Sistemas de combustión. Bancos de intercambio. Disposición general
- Sistemas de combustible, aire y gases. Tiro y ventiladores. Molinos y sistema de alimentación. Precalentadores aire-gas
- Equipos de limpieza de gases. Filtros electrostáticos. Sistemas de desulfuración. Combustión con bajo NOx. Sistemas de desnitrificación
- Ciclo de potencia. Repaso sobre ciclo Rankine y disposición general. Turbinas. Calentadores de superficie. Desgasificador
- Circuito de refrigeración. Tipos y comparativa de sistemas. Condensadores de agua. Torres de refrigeración. Aerocondensadores

## 5- Centrales de potencia de ciclo combinado

- Justificación, ventajas e inconvenientes vs. ciclos simples. Clasificación y configuraciones. Balances de energía y rendimientos. Ciclos combinados comerciales.
- Repaso: ciclos de potencia de turbina de gas. Modelo simple termodinámico. Potencia específica y rendimiento. Modelos detallados. Mejoras del ciclo simple.
- Turbinas de gas: Prestaciones a carga parcial y variación con las condiciones atmosféricas. Descripción de componentes de turbinas industriales. Ejemplos de turbinas de gas comerciales. Centrales de turbina de gas: historia y funciones actuales.
- Caldera de recuperación: función. Configuración de ciclos s/ los niveles de presión. Efecto de la temperatura y presión de vapor. Diferencia de temperaturas pinch. Cálculos térmicos.

### Programa de prácticas

Para los alumnos que opten por evaluación continua, las prácticas se orientarán problemas de aplicación y dimensionamiento de suministro energético a procesos y servicios relacionadas con el trabajo en grupo: producción de calor con combustibles fósiles, producción de calor y electricidad con energías renovables, cogeneración con ciclos de cola y de cabecera....

Para los alumnos que no opten por evaluación continua se propondrán tres trabajos individuales que los alumnos podrán preparar durante todo el curso y de los que se examinarán en la prueba global. Esta opción no exige asistencia a sesiones de prácticas. Algunos ejemplos de trabajos son:

1. Calderas de condensación para uso residencial y servicios. Estudio técnico-económico.
2. Evaluación de recurso biomásico para aplicaciones energéticas. Estudio técnico-económico.
3. Evaluación del recurso eólico para aplicaciones energéticas. Estudio técnico-económico.
4. Evaluación del recurso solar para aplicaciones energéticas. Colectores solares. Estudio técnico-económico.
5. Instalaciones termoeléctricas para la generación electricidad con combustible fósil. Ciclo de vapor y ciclo combinado. Ciclos de refrigeración.
6. Cogeneración. Tipos de aplicaciones. Configuraciones. Rendimiento e índices convencionales de eficiencia. Marco legal y rendimiento eléctrico equivalente. Configuraciones de cogeneración industrial. Turbina de vapor a contrapresión. Turbina de gas. Ciclo combinado. MACIs de EP y EC de gas. Rendimientos y ratios típicos. Comparativa de tamaños y prestaciones. Nociones de dimensionado y operación.

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

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

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

Cada 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.

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que el Centro haya aprobado el calendario académico para el curso próximo (el cual podrá ser consultado en la web de la EINA). Debe tenerse en cuenta que esta asignatura contará con grupos de docencia tanto en primer como en segundo cuatrimestre.

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación adicional sobre la asignatura, se publicará en el Anillo Digital Docente desde el inicio del cuatrimestre.

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas **2 horas** de clases en aula, que se destinarán a clases magistrales de teoría.
- Cada estudiante realizará cinco sesiones prácticas, hasta completar un total de **12.5 horas** presenciales distribuidas en cinco sesiones. Estas prácticas se programarán en semanas alternas y se impartirán en grupos pequeños en aula informática o de trabajo en grupo.
- Las actividades adicionales que se programen (sesiones de control de trabajos tutorados, presentaciones, controles de evaluación continua etc.) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en curso de la plataforma add de la asignatura.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la dirección del Centro.

## 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

Esta asignatura tiene un contenido potencialmente muy amplio que se imparte muy resumido, por lo cual todos los libros interesantes son libros especializados en un determinado aspecto de la asignatura y por si solos tratan de forma muy amplia una parte muy pequeña del curso. Son interesantes como referencia o ampliación, pero no como material de estudio directo.

Como material de estudio, se recomiendan las presentaciones de clases y otros documentos específicos preparados al

efecto que se facilitan a los estudiante a través del ADD.

[http://biblos.unizar.es/br/br\\_citas.php?codigo=60804&year=2019](http://biblos.unizar.es/br/br_citas.php?codigo=60804&year=2019)