

### Información del Plan Docente

<b>Año académico</b>	2017/18
<b>Centro académico</b>	110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
<b>Titulación</b>	436 - Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales
<b>Créditos</b>	6.0
<b>Curso</b>	4
<b>Periodo de impartición</b>	Primer Semestre
<b>Clase de asignatura</b>	Optativa
<b>Módulo</b>	---

### **1. Información Básica**

#### **1.1. Introducción**

Breve presentación de la asignatura

La asignatura forma parte del grupo de materias optativas de dos titulaciones:

- Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, materia Energía.
- Grado en Ingeniería Mecánica, materia Ingeniería Térmica y de Fluidos.

Se trata de una asignatura de 6 créditos que se imparte en el primer cuatrimestre de cuarto curso. Su objetivo es capacitar al alumno para conocer, comprender y analizar desde un punto de vista tecnológico, energético, económico y medioambiental las centrales termoeléctricas y las turbomáquinas térmicas.

#### **1.2. Recomendaciones para cursar la asignatura**

Se considera imprescindible que el estudiante haya superado las asignaturas de *T ermodinámica Técnica y Fundamentos de Transmisión de Calor e Ingeniería Térmica* .

Además, resulta recomendable tener soltura con los conceptos fundamentales de mecánica de fluidos, resistencia de materiales y diseño de máquinas. Todo ello se aprende en las materias obligatorias estudiadas en los cursos previos del Grado.

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 continua de los resultados de las prácticas.

El trabajo continuado es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que en cada parte se estudia gradualmente un procedimiento de análisis coherente. Por ello, cuando surjan dudas, es importante resolverlas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en esta materia.

Para ayudarle a resolver sus dudas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

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

La asignatura sirve para que el alumno avance en el conocimiento de los conceptos relativos a las centrales termoeléctricas y las turbomáquinas térmicas, que no han sido tratados en profundidad en el bloque de asignaturas obligatorias.

Con la materia de esta asignatura, el alumno sigue profundizando en la metodología de análisis térmico para abordar, simular, optimizar y diseñar instalaciones energéticas complejas.

### 1.4.Actividades y fechas clave de la asignatura

Durante el curso, las fechas de inicio y finalización de la asignatura y las horas concretas de impartición para cada grupo se podrán encontrar en la página web de la EINA.

Desde el inicio del cuatrimestre los alumnos dispondrán del calendario detallado de actividades (prácticas y experiencias de laboratorio,...) que será proporcionado por los profesores correspondientes. No obstante, y de manera orientativa, el calendario será el siguiente:

- 1<sup>a</sup> semana de octubre. Inicio de prácticas y clases en grupos pequeños.
- 3<sup>a</sup> semana de diciembre. Fecha límite de entrega de los informes de prácticas y trabajos tutorados.
- Examen global. Fecha fijada por el centro.

## 2.Resultados de aprendizaje

### 2.1.Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

Conoce las fuentes y recursos energéticos (convencionales y alternativos; renovables y no renovables) para la industria y sus procesos de transformación.

Es capaz de evaluar técnica y económicamente los sistemas de producción de energía.

Adquiere criterio para evaluar las consecuencias locales y globales del uso y explotación de los recursos energéticos con criterios de sostenibilidad.

Conoce los principios de la gestión energética industrial: normativa de instalaciones y mercados energéticos, evaluación de indicadores económicos y ambientales.

### 2.2.Importancia de los resultados de aprendizaje

El conocimiento avanzado de las centrales termoeléctricas y las turbomáquinas térmicas es fundamental para los futuros graduados especializados en las materias térmicas (Energía en el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, e Ingeniería Térmica y de Fluidos en el Grado en Ingeniería Mecánica), ya que estas instalaciones y equipos se encuentran muy extendidos en nuestra sociedad. Hay que tener en cuenta que se trata de sistemas intensivos en consumo de energía, por lo que presentan una gran capacidad de optimización energética, económica y medioambiental, tanto en las fases de diseño como de operación.

## 3.Objetivos y competencias

### 3.1.Objetivos

## **30037 - Sistemas térmicos de generación**

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

La asignatura se ha planteado para que, una vez superada la evaluación, el alumno sea capaz de:

1. Conocer las propiedades de los principales combustibles fósiles y renovables.
2. Conocer los distintos tipos, ventajas e inconvenientes de las diferentes centrales térmicas existentes.
3. Conocer y comprender los principios de funcionamiento de las principales centrales térmicas.
4. Analizar, desde un punto de vista tecnológico, energético, económico y medioambiental, las principales centrales térmicas.
5. Conocer y comprender los principales aspectos del funcionamiento de las turbomáquinas térmicas (turbinas de vapor, turbinas de gas y turbocompresores).
6. Diseñar álabes de acción y reacción de turbomáquinas térmicas.
7. Conocer y comprender el comportamiento de las turbomáquinas térmicas fuera de diseño.
8. Conocer la operación y el mantenimiento de las centrales térmicas y las turbomáquinas térmicas.

### **3.2. Competencias**

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

#### **Competencias genéricas :**

1. Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
2. Capacidad para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano
3. Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería Industrial necesarias para la práctica de la misma.
4. Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas actuando con ética, responsabilidad profesional y compromiso social.
5. Capacidad de gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería
6. Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

#### **Competencias específicas :**

1. Capacidad para gestionar un proyecto de ingeniería mecánica incluyendo la planificación, dirección, ejecución, evaluación y seguridad.
2. Capacidad para la aplicación de conocimientos de ingeniería térmica y el cálculo, diseño y ensayo de sistemas y máquinas térmicas.
3. Capacidad para la utilización de técnicas experimentales en la caracterización del funcionamiento de los sistemas mecánicos.

### 4. Evaluación

#### 4.1. Tipo de pruebas, criterios de evaluación y niveles de exigencia

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

1. **Prácticas de laboratorio** . Carácter: presencial. Duración: 2-4 h. El estudiante se familiariza con las centrales termoeléctricas y/o las turbomáquinas térmicas, sus componentes, aspectos constructivos, de funcionamiento y de diseño. Aplica los conocimientos propios de la materia y entrega un informe de resultados.
2. **Prácticas con herramientas informáticas** . Carácter: presencial. Duración: 2-4 h. Mediante herramientas informáticas el estudiante aprende a resolver problemas propios de las centrales termoeléctricas y/o las turbomáquinas térmicas. Para ello, resuelve problemas y cuestiones y entrega un informe de resultados.
3. **Trabajos Tutorados** . Carácter: semipresencial. Duración estimada: 15 h. El estudiante con la guía del profesor resuelve problemas complejos y entrega un informe de resultados.
4. **Examen escrito** . Duración: 3 h. Constará de dos partes diferenciadas: una parte en forma de cuestiones cortas de tipo teórico-práctico (Teoría y Problemas) y una segunda que consistirá en la resolución de alguno de los problemas o cuestiones similares a los planteados en las actividades prácticas (quedarán exentos aquellos estudiantes que hayan superado esta parte durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida si así lo deciden).

**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 (fundamental): si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente sería cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas planteados (fundamental).
- Exactitud del resultado obtenido.
- Existencia o no de cuestiones en blanco: se valorará negativamente no responder a ciertas preguntas planteadas.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita (fundamental): correcta ortografía, letra clara, correcta expresión, estructura de contenidos coherente.
- Análisis crítico de los resultados (importante): 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 (fundamental): no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa justificada debidamente.
- Entrega en el formato y procedimiento indicado por el profesor.

#### Procedimiento de evaluación a partir de estas actividades

**1ª Convocatoria** : el procedimiento planteado consiste en un conjunto de pruebas que permiten superar el 100% de la asignatura. Algunas de ellas, las actividades prácticas y los trabajos tutorados, se realizarán durante el periodo docente, mientras que el examen escrito se realizará en el periodo de exámenes. La nota final se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes, de acuerdo con los siguientes pesos:

## 30037 - Sistemas térmicos de generación

- 70 % Examen escrito (Teoría y Problemas)
- 20 % Trabajos tutorados (realización y entrega voluntarios)
- 10 % Actividades prácticas (realización y entrega obligatorias)

En el caso de que el estudiante no haya realizado los trabajos tutorados, el examen escrito tendrá un peso del 90%.

En el caso de que el estudiante no haya superado las actividades prácticas durante el periodo docente o quiera subir la nota obtenida en esa parte, tendrá derecho a un examen de prácticas que tendrá lugar durante el periodo de exámenes y que tendrá un peso en la nota final del 10 %. Este examen consistirá en la resolución de una de las prácticas planteadas a lo largo del periodo docente, asignada por el profesor en el momento del examen.

**2<sup>a</sup> Convocatoria** : el procedimiento seguido en este caso es idéntico al de la primera convocatoria. La nota final se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes, de acuerdo con los siguientes pesos: 90 % examen escrito de Teoría y Problemas (o 70% en el caso de haber realizado durante el periodo docente los Trabajos tutorados, cuya nota se mantiene) y 10% examen de prácticas (quedarán exentos aquellos estudiantes que hayan superado esta parte durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida).

## 5. Metodología, actividades, programa y recursos

### 5.1. Presentación metodológica general

1. Clases magistrales, impartidas al grupo completo, en las que el profesor explicará los principios básicos de la asignatura y resolverá algunos problemas representativos de la aplicación de la asignatura a casos realistas del futuro ejercicio profesional. Se buscará la participación de los alumnos en esta actividad. Paralelamente el alumno debe realizar trabajo personal de estudio para un mejor aprovechamiento de las clases.
2. Prácticas de simulación con ordenador y de laboratorio que se distribuyen a lo largo del cuatrimestre y cuya valoración formará parte de la calificación final de la asignatura. Se formarán grupos de dos o tres alumnos, con ello se fomentan el aprendizaje y el trabajo en grupo.
3. Trabajos tutorados en grupos pequeños (parejas idealmente): los estudiantes analizan en profundidad un tema relacionado con el contenido de la asignatura. Se potencia el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo.
4. Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales a los resueltos en clase. Con ello se fomenta el trabajo autónomo, estudiando la materia y aplicándola a la resolución de los ejercicios planteados.
5. Visitas a instalaciones: el profesor acompañará a los estudiantes a visitar instalaciones relacionadas con las centrales termoeléctricas y/o las turbomáquinas térmicas. Esta actividad resulta muy interesante para afianzar y complementar los conceptos estudiados en el resto de actividades formativas.
6. Tutorías académicas: el profesor pondrá a disposición del estudiante ciertos procedimientos para el planteamiento y la resolución de dudas. Se recomienda altamente el uso de estas tutorías para asegurar el adecuado progreso en el aprendizaje.

### 5.2. Actividades de aprendizaje

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

1. Clases magistrales
2. Prácticas de simulación con ordenador y de laboratorio
3. Trabajos tutorados en grupos pequeños
4. Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales
5. Visitas a instalaciones

### 5.3. Programa

1.- Introducción

2.- Tipos de centrales termoeléctricas:

- Convencionales
- Lecho fluido atmosférico
- Nucleares
- Ciclos combinados
- Lecho fluido a presión
- Gasificación integrada con ciclo combinado
- Ciclo Rankine Orgánico

3.- Calderas de potencia:

- Sistema aire-gases
- Sistema agua-vapor
- Auxiliares

4.- Control y regulación de centrales termoeléctricas

5.- Biomasa y co-combustión

6.- Análisis energético de centrales termoeléctricas

7.- Análisis medioambiental de centrales termoeléctricas

8.- Análisis de turbinas de gas terrestres y aéreas. Cámaras de combustión de turbinas de gas.

9.- Caracterización de los pasajes de álabes de rotor: relación entre propiedades del fluido y geometría de los conductos.

10.- Caracterización de estátore.

11.- Diseño de álabes de acción y reacción de turbinas axiales. Condiciones óptimas de funcionamiento.

Análisis y comparación de escalonamientos.

12.- Diseño de álabes de turbocompresores axiales. Factores limitantes.

13.- Características constructivas y de operación de las turbomáquinas térmicas radiales.

13.- Comportamiento fuera de diseño

14.- Regulación de las turbomáquinas térmicas.

### 5.4. Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

La comunicación entre el estudiante y el profesor se gestionará a lo largo del curso mediante la plataforma del Anillo

## 30037 - Sistemas térmicos de generación

Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En ella el profesor podrá distribuir los materiales de la asignatura (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), realizar anuncios y notificaciones a los estudiantes, enviar y recibir correos y poner a disposición de los estudiantes las herramientas para la realización en el envío de los informes de las actividades de aprendizaje.

### Recursos

La comunicación entre el estudiante y el profesor se gestionará a lo largo del curso mediante la plataforma del Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En ella el profesor podrá distribuir los materiales de la asignatura (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), realizar anuncios y notificaciones a los estudiantes, enviar y recibir correos y poner a disposición de los estudiantes las herramientas para la realización en el envío de los informes de las actividades de aprendizaje.

Bibliografía de referencia (ver apartado correspondiente)

### Herramientas informáticas

- EES Manual. <http://www.fchart.com/>.

### 5.5.Bibliografía y recursos recomendados

BB El-Wakil, M. M.. Powerplant technology / M.M. El-Wakil . - International ed., 29th reprint. New York [etc.] : McGraw-Hill, [2009?]

BB Energía de la biomasa / Fernando Sebastián Nogués, Daniel García-Galindo y Adeline Rezeau (coordinadores) ; Javier Ábrego Garrués ... [et al.] . 1<sup>a</sup> ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza , 2010

BB Golden, Frederick M.. Termofluidos, turbomáquinas y máquinas térmicas / Frederick M. Golden, Luis Batres de la Vega, Guillermo Terrones . - 1a ed. Mexico : Compañía Editorial Continental, 1989

BB Shepherd, D. G.. Principles of turbomachinery / D. G. Shepherd . New York : Macmillan, cop. 1956

BB Turbomáquinas térmicas / Mariano Muñoz Rodriguez, Francisco J. Collado Giménez, Francisco Moreno Gómez, Jesús F. Morea Roy . - 1a ed. Zaragoza : Prensas Universitarias, 1999

BC Boyce, Meherwan P.. Handbook for cogeneration and combined cycle power plants / Meherwan P. Boyce New York : ASME, cop. 2002

BC Cohen, H.. Teoría de las turbinas de gas / H. Cohen, G. F. C. Rogers , H. I. H. Saravanamuttoo Barcelona [etc.] : Marcombo Boixareu, cop. 1983

BC Dixon, Sidney Lawrence. Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery / S. L. Dixon, C. A. Hall . - 6th ed. Burlington [Massachusetts] : Butterworth-Heinemann, 201

BC Haywood, R.W. Análisis termodinámico de plantas eléctricas/ R.W. Haywood Linusa. 1986.

BC Li, Kam W.. Power plant system design / Kam W. Li, A. Paul Priddy New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1985

## 30037 - Sistemas térmicos de generación

BC Steam, its generation and use / Edited by S.C. Stultz and J.B. Kitto . - 40th ed., 1st pr. Barberton, Ohio : The Babcock and Wilcox company, cop. 1992

BC Van Loo, S. The handbook of biomass combustion and co-firing / Van Loo, S. and Koppejan, J. Earthscan, 2007

### LISTADO DE URLs:

EES Manual [<http://www.fchart.com>]

Informe eléctrico, memoria de actividades y memoria estadística. UNESA. 2014 [<http://www.unesa.es>]

La bibliografía de la asignatura se podrá consultar a través de este enlace

<http://biblioteca.unizar.es/como-encontrar/bibliografia-recomendada>