

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	CONVERSIÓN TERMOHIDRÁULICA DE ENERGÍAS		
Materia	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
Módulo			
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		
Plan	439	Código	41642
Periodo de impartición	1C	Tipo/Carácter	OB
Nivel/Ciclo		Curso	3º
Créditos ECTS	6		
Lengua en que se imparte	Español		
Profesor/es responsable/s	Blanca Giménez Olavarría (Parte de Máquinas Térmicas), Miguel Ángel Rodríguez Beneite (parte de Energía Hidráulica)		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	blagim@eii.uva.es miguel@eii.uva.es		
Departamento	Ingeniería Energética y Fluidomecánica		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

Esta asignatura está incluida en la materia generación de energía eléctrica, donde además se imparten Centrales eléctricas: séptimo cuatrimestre, Energías renovables: séptimo cuatrimestre.

El sentido de la asignatura es familiarizar al alumno en los diferentes sistemas de producción de energía eléctrica.

1.1 Contextualización

Es una asignatura tecnológica en la que se describen y se diseñan los principales sistemas de producción de energía eléctrica basados en energías térmicas e hidráulicas.

1.2 Relación con otras materias

Se relaciona con las asignaturas 41653 CENTRALES ELÉCTRICAS y 41655 ENERGÍAS RENOVABLES.

En la asignatura "Conversión termohidráulica de energías" se estudia el proceso de transformación de los diferentes tipos de energía en energía mecánica, de forma que esta energía mecánica luego se transforma en energía eléctrica mediante un generador eléctrico. Para ello se estudian las centrales de producción de energía mecánica desde el punto de vista térmico o de fluidos.

En la asignatura de centrales eléctricas se estudia básicamente las centrales nucleares y en la asignatura de energías renovables se estudia básicamente la producción de energía fotovoltaica. El estudio está enfocado más desde un punto de vista eléctrico.

1.3 Prerrequisitos

Es recomendable una formación previa en termodinámica aplicada y transmisión de calor, ingeniería fluidomecánica y teoría de circuitos y máquinas eléctricas.



2. Competencias

2.1 Generales

- CG1. Capacidad de análisis y síntesis
- CG2. Capacidad de organización y planificación del tiempo
- CG3. Capacidad de expresión oral
- CG4. Capacidad de expresión escrita
- CG5. Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma
- CG6. Capacidad de resolución de problemas
- CG7. Capacidad de razonamiento crítico/análisis lógico
- CG8. Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica
- CG9. Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz
- CG10. Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos
- CG15. Capacidad para el manejo de especificaciones técnicas y la elaboración de informes técnicos

2.2 Específicas

- CE27:** Capacidad para el diseño de centrales eléctricas
- CE28:** Conocimiento aplicado sobre energías renovables

3. Objetivos

- Conocer los fundamentos de la conversión de energías convencionales y renovables
- Conocer y diseñar el funcionamiento de los tipos de centrales con ciclo de vapor (con combustibles fósiles y en centrales nucleares), con ciclo de gas y con ciclo combinado. Conocimiento de los catálogos de turbinas
- Conocer y diseñar los principios de centrales hidráulicas, eólicas, biomasa, geotérmicas, oceánicas y solares de alta temperatura.
- Conocer las tendencias de los sistemas de conversión de energías convencionales y renovables, y aspectos de futuro, como el empleo de hidrógeno.
- Realizar las estimaciones necesarias para el anteproyecto de una central eléctrica.

Para ello, se asigna el prediseño de una central eléctrica distinta a cada grupo de dos alumnos, de forma que tienen que poner en práctica los conocimientos adquiridos para el cálculo de diferentes parámetros de la central, buscar información acerca de la central eléctrica que se les ha asignado, así como buscar y elegir en catálogos comerciales los diferentes componentes de la central en función de la utilización que se les vaya a dar, y realizar un estudio económico de amortización de la inversión de la central del tipo asignado. Posteriormente los alumnos entregan una memoria del anteproyecto, y exponen en clase su trabajo y contestan a las distintas preguntas que les puedan hacer tanto los profesores de la asignatura como los alumnos.



4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: “Conversión de Energía Térmica”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4.5

a. Contextualización y justificación

Se diseñan los principales sistemas de producción de energía eléctrica basados en energías térmicas

b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer los fundamentos de la conversión de energías convencionales y renovables de origen térmico
- Conocer y diseñar el funcionamiento de los tipos de centrales con ciclo de vapor (con combustibles fósiles y en centrales nucleares), con ciclo de gas y con ciclo combinado. Conocimiento de los catálogos de turbinas
- Conocer y diseñar los principios de centrales de biomasa, geotérmicas y solares de alta temperatura.
- Conocer las tendencias de los sistemas de conversión de energías convencionales y renovables, y aspectos de futuro, como el empleo de hidrógeno.
- Realizar las estimaciones necesarias para el anteproyecto de una central eléctrica.

Para ello, se asigna el prediseño de una central termoeléctrica distinta a cada grupo de dos alumnos, de forma que tienen que poner en práctica los conocimientos adquiridos para el cálculo de diferentes parámetros de la central, buscar información acerca de la central eléctrica que se les ha asignado, así como buscar y elegir en catálogos comerciales los diferentes componentes de la central en función de la utilización que se les vaya a dar, y realizar un estudio económico de amortización de la inversión de la central del tipo asignado. Posteriormente los alumnos entregan una memoria del anteproyecto, y exponen en clase su trabajo y contestan a las distintas preguntas que les pueda hacer tanto los profesores de la asignatura como los alumnos.

c. Contenidos

CLASES T (Teoría)

Tema 1. INTRODUCCION

- Introducción. Tipos de centrales. Recursos energéticos.

Tema 2. ELEMENTOS Y SISTEMAS DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA

- Máquinas de fluidos. Máquinas generadoras. Máquinas motoras
- Motores de combustión interna alternativos
- Turbomáquinas térmicas

Tema 3. CENTRALES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

- Centrales con ciclo de vapor
- Centrales con turbinas de gas y con ciclos combinados TG/TV
- Centrales de cogeneración
- Centrales con biomasa
- Centrales con energía geotérmica
- Centrales termosolares



CLASES A (Aula)

Tema 5. BALANCES Y RENDIMIENTOS ENERGÉTICOS

- a. Balances energéticos
- b. Rendimientos energéticos
- c. Aplicación a distintos casos

LABORATORIO CLASES L (Laboratorio)

- Elementos constructivos de motores de combustión interna alternativos
- Elementos constructivos de turbomáquinas
- Elementos de centrales de combustibles fósiles

TRABAJOS PRÁCTICOS Y VISITAS

- Uno o dos trabajos relacionados con el prediseño de una central eléctrica o un sistema energético.
- Visita a EXPOBIOENERGÍA (normalmente 3 días de octubre si se celebra)
- Visita a centrales eléctricas (un viaje en la semana 12)

CONTENIDO MÁS DESARROLLADO DE LA PARTE DE TEORÍA

Tema 1. INTRODUCCION: Tipos de centrales. Recursos energéticos

LECCIÓN 1: INTRODUCCIÓN

- 1.1 Introducción
- 1.2 Centrales de generación de energía eléctrica
- 1.3 Conversión mecánica - eléctrica
- 1.4 Clasificación de los recursos energéticos
- 1.5 Gestión de los recursos energéticos

Tema 2. ELEMENTOS Y SISTEMAS DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA

LECCIÓN 2. MÁQUINAS DE FLUIDOS.

- 2.1 Introducción. Clasificación
- 2.2 Máquinas generadoras de flujo incompresible
- 2.3 Tipos de máquinas de flujo incompresible
- 2.4 Ejemplos de curvas características
- 2.5 Máquinas generadoras de flujo compresible
- 2.6 Tipos de máquinas de flujo compresible
- 2.7 Curvas características comparadas
- 2.8 Transporte de fluidos
- 2.9 Máquinas motoras hidráulicas
- 2.10 Máquinas motoras térmicas
- 2.11 Motores térmicos

LECCIÓN 3. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS

- 3.1. Motor de combustión interna alternativo
- 3.2. Elementos constructivos de los M.C.I.A.
- 3.3. Clasificación de los M.C.I.A.
- 3.4. Parámetros característicos de los M.C.I.A.
- 3.5. Refrigeración
- 3.6. Lubricación y pérdidas mecánicas
- 3.7. Formación de la mezcla en motores de encendido provocado



- 3.8. Formación de la mezcla en motores de encendido por compresión
- 3.9. La renovación de la carga en motores 4t

LECCIÓN 4. TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS

- 4.1 Introducción
 - Instalaciones con turbinas de vapor
 - Instalaciones con turbinas de gas
 - Potencia de una instalación de turbina de vapor/turbina de gas
- 4.2 Escalonamientos en turbomáquinas
 - Ecuación fundamental de las turbomáquinas
 - Escalonamientos en turbinas
 - Comparación de escalonamientos de turbinas
 - Escalonamientos de compresores
 - Rendimiento isentrópico
 - Torsión de álabes
- 4.3 Pérdidas en turbomáquinas
- 4.4 Consideraciones finales sobre escalonamientos turbinas

Tema 3. CENTRALES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

LECCIÓN 5. CENTRALES CON CICLO DE VAPOR

- 5.1. Centrales con ciclo de vapor
- 5.2. Central de vapor con caldera de combustión
- 5.3. Central nuclear con ciclo de vapor
- 5.4. Condensadores
- 5.5. Torres de refrigeración
- 5.6. Instalación eléctrica
- 5.7. Regulación y monitorizado de una central de vapor

LECCIÓN 6. CENTRALES CON TURBINA DE GAS

- 6.1. Turbinas de gas
- 6.2. Ciclos de las turbinas de gas
- 6.3. Parámetros característicos de las turbinas de gas
- 6.4. Centrales con turbinas de gas
- 6.5. Características generales de las centrales TG
- 6.6. Elementos de una central TG
- 6.7. Centrales de ciclo combinado TG/TV
- 6.8. Anexo. Ciclos de funcionamiento de las turbinas de gas

LECCION 7. PRODUCCIÓN COMBINADA ENERGÍA TÉRMICA-ENERGÍA MECÁNICA

- 7.1. Introducción.
- 7.2. Clasificación
- 7.3. Parámetros cuantificadores
- 7.4. Legislación aplicable a la cogeneración
- 7.5. Motores térmicos utilizados en cogeneración
- 7.6. Instalaciones de cogeneración
- 7.7. Viabilidad económica

LECCION 8. ENERGÍA DE LA BIOMASA

- 8.1. Introducción.
- 8.2. Características de la biomasa
- 8.3. Clasificaciones de la biomasa.
- 8.4. Cultivos energéticos.



- 8.5. Características generales de la biomasa.
- 8.6. Procesos de transformación de la biomasa
- 8.7. Tecnologías por tipos de biomasa
- 8.8. Procesos bioquímicos.
- 8.9. Procesos termoquímicos.
- 8.10. La biomasa en castilla y león
- 8.11. Aspectos medioambientales

LECCION 12. CENTRALES TERMOSOLARES

- 12.1. Introducción
 - Características e interés del aprovechamiento de la energía solar
- 12.2. Radiación solar
 - Movimiento aparente del sol.
 - Medición de la radiación solar
 - Espectro solar
 - Coordenadas solares
 - Mapas de intensidad de la radiación solar
 - Formas de captación y transformación de la energía solar
- 12.3. Sistemas de centrales termosolares
 - Sistemas solares activos de baja temperatura
 - Sistemas solares de concentración
 - Centrales termoeléctricas solares
 - Sistemas de receptor central
 - Sistemas de discos parabólicos
 - Plantas de colectores cilindro-parabólicos
- 12.4. Comparación de producción de energía eléctrica
- 12.5. Aspectos medioambientales

d. Métodos docentes

Clase magistral

Clase de problemas. Los alumnos trabajan los problemas en clase con la ayuda del profesor

Aprendizaje cooperativo

Trabajos prácticos. Los alumnos realizan una memoria de las prácticas de laboratorio, y prediseñan una central eléctrica, con los cálculos necesarios para el cálculo de los rendimientos, utilizando los elementos existentes en el mercado, así como un estudio de la viabilidad económica

Visita a una central de energía térmica

Trabajo del alumno

e. Plan de trabajo

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

f. Evaluación

Se comenta en el punto 7



g. Bibliografía básica

Apuntes de la asignatura colgados en el campus virtual, que se actualizan año tras año.

h. Bibliografía complementaria

Esta bibliografía trata temas específicos de este bloque de la asignatura

De Juana Sardón, J.Mª (coord.). Energías Renovables para el Desarrollo. Thomson Paraninfo (2003)

González Velasco, J. Energías Renovables, Reverte (2009)

IDAE. Manuales de Energías Renovables, 6 Vol. Madrid (1996)

IDAE. Manuales sobre diversos tipos de centrales de EE.RR.: biomasa, hidráulicas, geotermia, etc. (descargables de www.idae.es)

IDAE. Plan Energías Renovables 2011-2020.

Jarabo Friedich, F. y Elórtegui Escartín, N. Energías Renovables. S.A.P.T. Publicaciones Técnicas. Madrid (2000)

Mataix, C. Turbomáquinas Térmicas, ICAI (1975)

Ortega Rodríguez, M. Energías Renovables. Paraninfo (1999)

Payri, F. y Desantes, J.M. Motores de Combustión Interna Alternativos, Reverte (2011)

Sabugal García, S. y Gómez Mónux. Centrales Térmicas de Ciclo Combinado: Teoría y Proyecto. Ed. Díaz de Santos. Madrid (2006)

i. Recursos necesarios

Clase con mesas y sillas independientes, pizarra, cañón de vídeo, laboratorio de motores con motores de combustión interna alternativos preparados para desmontar y montar por los alumnos.

Laboratorio de Mecánica de Fluidos con los diversos dispositivos para la realización de las prácticas de la parte hidráulica: (turbina Francis y turbina Pelton) .

j. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Lección 1 y 2 5h 0.5 ECTS	Semanas 1 y 2
Lección 3 8 h 0.8 ECTS	Semanas 2, 3, 4 y 5
Laboratorio 4h 0.4 ECTS	Viernes semana 5
Lección 5 7 h 0.7 ECTSs	Semanas 6, 7, 8
Lección 6	Semanas 8, 9 y 10



6 h 0.6 ECTS	
Lección 7 5 h 0.5 ECTS	Semanas 10, 11 y 12
Visita a central 3h 0.3ECTS	Viernes semana 12
Lección 8 2h 0.2 ECTS	Semana 13
Lección 12 1h 0.1 ECTS	Semana 14
Lección 4	Semana 14 si da tiempo



**Bloque 2: “Conversión de Energía Hidráulica”**Carga de trabajo en créditos ECTS:

1.5

a. Contextualización y justificación

Se diseñan los principales sistemas de producción de energía eléctrica basados en energías hidráulicas

b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer los fundamentos de la conversión de energías convencionales y renovables de origen hidráulico
- Conocimiento de los catálogos de turbinas
- Conocer y diseñar los principios de centrales de biomasa, geotérmicas y solares de alta temperatura.
- Conocer y diseñar los principios de centrales hidráulicas, eólicas y oceánicas
- Realizar las estimaciones necesarias para el anteproyecto de una central eléctrica.

Para ello, se asigna el prediseño de una central hidráulica distinta a cada grupo de dos alumnos, de forma que tienen que poner en práctica los conocimientos adquiridos para el cálculo de diferentes parámetros de la central, buscar información acerca de la central eléctrica que les se les ha asignado, así como buscar y elegir en catálogos comerciales los diferentes componentes de la central en función de la utilización que se les vaya a dar. Posteriormente los alumnos entregan una memoria del anteproyecto, y exponen en clase su trabajo y contestan a las distintas preguntas que les pueda hacer tanto los profesores de la asignatura como los alumnos.

c. Contenidos**CLASES T (Teoría)**

- Centrales hidráulicas
- Centrales eólicas
- Centrales con energías oceánicas

CLASES A (Aula)**Tema 5. BALANCES Y RENDIMIENTOS ENERGÉTICOS**

- d. Balances energético
- e. Rendimientos energético
- f. Aplicación a distintos casos

LABORATORIO CLASES L (Laboratorio)

- Máquinas hidráulicas I: Turbinas Francis
- Máquinas hidráulicas II: Pelton

TRABAJOS PRÁCTICOS Y VISITAS

- Uno o dos trabajos relacionados con el prediseño de una central eléctrica o un sistema energético.
- Visita a centrales eléctricas (un viaje en la semana 12)



CONTENIDO MÁS DESARROLLADO DE LA PARTE DE TEORÍA

LECCIÓN 9 CENTRALES HIDRÁULICAS

- 9.1. Consideraciones históricas
- 9.2. Energía hidráulica
 - Salto bruto, neto y útil. Rendimientos
 - Centrales de agua fluente y de embalse
 - Evaluación de la potencia disponible
 - Embalse
 - Agua fluente.
- 9.3. Recursos hídricos
 - Evaluación del recurso
 - Potencial hidroeléctrico
- 9.4. Tipos de centrales
 - Grandes centrales, minicentrales y microcentrales
 - Reversibles
- 9.5. Obra y equipamiento hidráulico
 - Presa
 - Canales
 - Conductos
 - Chimenea de equilibrio
 - Compuertas y válvulas
- 9.6. Turbinas hidráulicas
 - Turbinas de acción: Pelton y flujo cruzado
 - Descripción
 - Diseño
 - Curvas características
 - Regulación hidráulica
 - Turbinas de reacción: Francis, Kaplan y tubulares
 - Descripción
 - Diseño
 - Curvas características
 - Regulación hidráulica
 - Cavitación
 - Selección de una turbina
 - Investigación y desarrollo tecnológico

LECCIÓN 10 CENTRALES EÓLICAS

- 10.1. Consideraciones históricas
- 10.2. Energía eólica
 - Teoría de Betz
 - Coefficiente de potencia
- 10.3. Recursos eólicos
 - Características del viento
 - Escalas
 - Capa límite terrestre
 - Distribución de Weibull
- 10.4. Perfil aerodinámico
 - Comportamiento aerodinámico
 - Clasificación de los perfiles
- 10.5. Aerogeneradores
 - Clasificación
 - Aerodinámica
 - Curva de potencia
 - Turbina de eje Horizontal
- 10.6. Parques eólicos
 - Características



Configuraciones
Terrestres
Marítimos

LECCIÓN 11 CENTRALES DE ENERGÍAS OCEÁNICAS

- 11.1. Consideraciones iniciales
- 11.2. Centrales mareomotrices
 - Mareas
 - Tipos y configuraciones de las centrales
 - Energía disponible en una central
- 11.3. Turbinas marinas
 - Corrientes marinas
 - Energía disponible
 - Tipos de turbinas
- 11.4. Energía undimotriz
 - Características del oleaje
 - Dispositivos (WECS)
 - Centrales OWC
- 11.5. Centrales térmicas marinas
- 11.6. Costes de inversión y explotación

d. Métodos docentes

Clase magistral

Clase de problemas. Los alumnos trabajan los problemas en clase con la ayuda del profesor

Trabajos prácticos. Los alumnos realizan una memoria de las prácticas de laboratorio, y prediseñan una central eléctrica, con los cálculos necesarios para el cálculo de los rendimientos, y utilizando los elementos existentes en el mercado.

Visita a una central de energía térmica

Trabajo del alumno

e. Plan de trabajo

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

f. Evaluación

Se comenta en el punto 7

g. Bibliografía básica

Apuntes de la asignatura colgados en el campus virtual, que se actualizan año tras año.

h. Bibliografía complementaria

Renowable Energy Engineering, Nick Jenkins, Janaka Ekanayake, Cambridge 2017



Wind Turbine Technology, A.R. Jha, CRC Press, 2011

Ocean Wave Energy, Joao Cruz, Springer, 2008

i. Recursos necesarios

Clase con mesas y sillas independientes, pizarra, cañón, laboratorio de mecánica de fluidos con prácticas de turbina Francis y turbina Pelton.

j. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Lección 9 4 h 0.4 ECTS	Semanas 1, 2
Lección 10 4 h 0.4 ECTS	Semanas 3, 4
Lección 11 4 h 0.4 ECTS	Semanas 6, 8
Prácticas de Laboratorio 2 h 0.2 ECTS	Semana 12



5. Métodos docentes y principios metodológicos

Clase magistral

Clase de problemas. Los alumnos trabajan los problemas en clase con la ayuda del profesor

Aprendizaje cooperativo

Trabajos prácticos. Los alumnos realizan una memoria de las prácticas de laboratorio, y prediseñan una central eléctrica, con los cálculos necesarios para el cálculo de los rendimientos, y utilizando los elementos existentes en el mercado, así como un estudio de la viabilidad económica

Visita a una central de energía térmica

Trabajo del alumno





6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T)	40	Estudio y trabajo autónomo individual	80
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	10
Laboratorios (L)	6		
Prácticas externas, clínicas o de campo	4		
Total presencial	60	Total no presencial	90

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Entrega de ejercicios y trabajos	25%	
Laboratorio	5%	
Exámenes	70%	Para aprobar la asignatura, la nota mínima del examen es 3/10

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Los indicados en la tabla anterior...
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Los mismos que para la convocatoria ordinaria.

8. Consideraciones finales

Los apuntes de la asignatura se subirán al campus virtual.

IMPORTANTE

Los apuntes de la asignatura consisten en una recopilación de los conceptos teóricos de la asignatura, los cuales pueden ser ampliados para un mejor entendimiento.

Se han realizado pensando en que serán completados con anotaciones y correcciones de posibles erratas durante la asistencia a las clases teóricas donde se explican y amplían estos conceptos.

Difícilmente se puede estudiar la teoría de la asignatura y asimilar los conceptos con estos apuntes si no se ha asistido a clase de teoría, problemas y laboratorio.

Estos apuntes se pueden modificar y corregir todos los años, por lo que es conveniente utilizar la última versión que está disponible en el campus virtual.