



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**63000198 - Sistemas Eficientes De Multigeneracion De Energia**

### PLAN DE ESTUDIOS

06AH - M U En Eficiencia Energetica En La Edificacion La Industria Y El Transporte

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 11 |
| 9. Otra información.....                         | 12 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 63000198 - Sistemas Eficientes de Multigeneracion de Energia                       |
| <b>No de créditos</b>                      | 1.5 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Obligatoria  |
| <b>Curso</b>                               | Primer curso   |
| <b>Semestre</b>                            | Primer semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Septiembre-Enero   |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 06AH - M U en Eficiencia Energetica en la Edificacion la Industria y el Transporte |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía                     |
| <b>Curso académico</b>                     | 2024-25  |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                            | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías</b><br>*                       |
|--|-----------------|---------------------------|---|
| Mathieu Legrand                          |                 | mathieu.legrand@upm.es    | Sin horario.  |
| Teodoro Adrada Guerra<br>(Coordinador/a) | A-140           | t.adrada@upm.es           | Sin horario.<br>Se comunicarán al<br>inicio del curso |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.3. Profesorado externo

| Nombre                 | Correo electrónico    | Centro de procedencia |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Angel Caravaca Huertas | angel.caravaca@upm.es | ETSIDI                |

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios M U en Eficiencia Energetica en la Edificacion la Industria y el Transporte no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Ingeniería Térmica y Termodinámica
- Tecnología Eléctrica

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB07 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB08 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CE01 - Aplicar criterios científicos y técnicos avanzados de eficiencia energética a los sistemas de generación de energía eléctrica, térmica, multigeneración y almacenamiento de energía, con un alto grado de integración de energías renovables

CE02 - Conocer las tecnologías, componentes, sistemas y rendimiento energético de generación de energía con energías renovables con especial énfasis en el rendimiento energético de los mismos

CE03 - Conocer las tecnologías de almacenamiento de energía y su influencia en la eficiencia energética de los procesos de generación de energía.

CE05 - Capacidad para la aplicación de soluciones eficientes de generación de energía a nivel local, autoconsumo, etc. que permitan disminuir las pérdidas de distribución de energía

CE07 - Analizar la situación actual y las perspectivas de futuro de los sistemas de generación de energía desde el punto de vista de la eficiencia energética

CG20 - Capacidad de innovación para identificar formular y resolver problemas de eficiencia energética dentro de los contextos multidisciplinares de la Ingeniería Energética

CG21 - Capacidad de autoaprendizaje y formación continua en el ámbito de la aplicación de criterios de eficiencia energética

CG23 - Poseer capacidades personales para diseñar, desarrollar, gestionar y mejorar proyectos en los distintos ámbitos energéticos

CG24 - Comprender el impacto de la eficiencia energética en la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y Responsable

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA134 - RA4 - Conocimiento aplicado sobre los sistemas de almacenamiento de energía

RA131 - RA1 - Conocimiento aplicado sobre los sistemas de cogeneración

RA133 - RA3 - Conocimiento aplicado sobre la tecnología del hidrógeno

RA132 - RA2 - Conocimiento aplicado sobre pilas de combustible

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Sistemas Eficientes de Multigeneración de Energía es una asignatura que comprende seis temas relacionados con diferentes tecnologías de producción y almacenamiento de energía ( térmica, eléctrica, etc. ) .

La asignatura comienza estudiando los sistemas de cogeneración industriales utilizando combustibles fósiles y procesos de gasificación con biomasa, para pasar después, al concepto de generación distribuida y sistemas de microgeneración aplicados a edificios de viviendas, hospitales, polideportivos, etc..

Se estudia a continuación la tecnología del hidrógeno, métodos de obtención, almacenamiento, transporte y distribución junto con la normativa y seguridad . En el siguiente tema se estudia la pila de combustible, los diferentes tipos de pilas y su utilización para producción de energía eléctrica .

Por último, se estudian las diferentes tecnologías de almacenamiento de energía para su transformación en energía eléctrica, su influencia en la red eléctrica : aplicaciones de garantía de potencia y de calidad de suministro.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. TEMA 1: Cogeneración
  - 1.1. Definición, ventajas y aplicaciones de los sistemas de cogeneración
  - 1.2. Clasificación de los sistemas de cogeneración
  - 1.3. Parámetros de funcionamiento de los sistemas de cogeneración
  - 1.4. Configuraciones de co y trigeneración con MCIA , turbinas de gas, turbinas de vapor, CC, etc.
  - 1.5. Normativa y legislación aplicable a la cogeneración
2. TEMA 2: Generación Distribuida
  - 2.1. Concepto de generación distribuida: Calidad de suministro y garantía de potencia
  - 2.2. Cogeneración con biomasa : Biogás y Syngas
  - 2.3. Microcogeneración aplicada al sector terciario
3. TEMA 3: Tecnología del hidrógeno.
  - 3.1. Introducción
  - 3.2. Propiedades del hidrógeno
  - 3.3. Métodos de obtención de hidrógeno
  - 3.4. Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno
  - 3.5. Utilización del hidrógeno para generación de energía, transporte, etc.
  - 3.6. Normativa y seguridad
4. TEMA 4: Pila de combustible. Tipos y Aplicaciones
  - 4.1. Principio de funcionamiento de una pila de combustible
  - 4.2. Características técnicas. Constitución
  - 4.3. Rendimiento termodinámico. Relación densidad de corriente, tensión y potencia
  - 4.4. Tipos de pilas y aplicaciones
5. TEMA 5: Almacenamiento de energía
  - 5.1. Generación distribuida: Tecnologías de almacenamiento de energía
  - 5.2. Almacenamiento a gran escala ; hidroeléctrica reversible, aire comprimido
  - 5.3. Almacenamiento a pequeña escala en redes eléctricas: baterías, supercondensadores y superconductores, volante de inercia

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad tipo 1   | Actividad tipo 2  | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación  |
|-----|--|---|----------------|--|
| 1   | <p><b>TEMA 1</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>TEMA 1</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |   |                |  |
| 2   | <p><b>TEMA 1</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |   |                |  |
| 3   | <p><b>TEMA 2</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>TEMA 2</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |   |                | <p><b>Entrega trabajos Tema 1</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br/>Evaluación Progresiva<br/>No presencial<br/>Duración: 00:00</p>  |
| 4   | <p><b>TEMA 3</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>TEMA 4</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  | <p><b>Primer examen parcial</b><br/>Duración: 01:30<br/>OT: Otras actividades formativas /<br/>Evaluación</p> |                | <p><b>Primer examen parcial. Temas 1 y 2</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 01:30</p> <p><b>Entrega trabajos Tema 2</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br/>Evaluación Progresiva<br/>No presencial<br/>Duración: 00:00</p>              |
| 5   | <p><b>TEMA 4</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>TEMA 5</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |   |                |  |
| 6   |  |   |                | <p><b>Entrega trabajos Temas 3, 4 y 5</b><br/>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br/>Evaluación Progresiva<br/>No presencial<br/>Duración: 00:00</p> <p><b>Segundo examen parcial . Temas 3, 4 y 5</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 01:30</p> |



|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 7  |  |  |  |   |
| 8  |  |  |  |   |
| 9  |  |  |  |   |
| 10 |  |  |  |   |
| 11 |  |  |  |   |
| 12 |  |  |  |   |
| 13 |  |  |  |   |
| 14 |  |  |  |   |
| 15 |  |  |  |   |
| 16 |  |  |  |   |
| 17 |  |  |  | <b>EXAMEN GLOBAL</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación Global<br>Presencial<br>Duración: 02:00 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción                             | Modalidad                               | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas               |
|------|---|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| 3    | Entrega trabajos Tema 1                 | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 8%              | 5 / 10      | CB07<br>CG20<br>CE01<br>CE05<br>CE07 |
| 4    | Primer examen parcial. Temas 1 y 2      | EX: Técnica del tipo Examen Escrito     | Presencial    | 01:30    | 50%             | 4 / 10      | CB07<br>CG23                         |
| 4    | Entrega trabajos Tema 2                 | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 7%              | 5 / 10      | CB07<br>CG20<br>CE01<br>CE05<br>CE07 |
| 6    | Entrega trabajos Temas 3, 4 y 5         | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 5%              | 5 / 10      | CB06<br>CG20<br>CE01<br>CE05<br>CE07 |
| 6    | Segundo examen parcial . Temas 3, 4 y 5 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito     | Presencial    | 01:30    | 30%             | 4 / 10      | CB07<br>CG20<br>CG23<br>CE03         |

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción   | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas       |
|-----|---------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|------------------------------|
| 17  | EXAMEN GLOBAL | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00    | 100%            | 5 / 10      | CB07<br>CG20<br>CG23<br>CE03 |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los estudiantes obtendrán una calificación final entre 0 y 10 puntos. La asignatura se considera superada con una nota igual o superior a 5 puntos

#### 1. EVALUACIÓN PROGRESIVA

Todos los estudiantes serán evaluados mediante el sistema de evaluación progresiva

Para optar por una evaluación progresiva y debido al carácter técnico de dicha materia, se exigirá una asistencia presencial del 80% a las clases teóricas y de problemas.

Para poder superar la asignatura mediante este sistema, es obligatorio realizar los exámenes parciales y entregar los problemas propuestos en los plazos establecidos, para lo cual se avisará con un mínimo de 14 días de antelación.

La asignatura se evalúa por dos exámenes parciales presenciales, consistentes cada uno, en una parte de teoría con preguntas tipo test o/y preguntas abiertas y otra parte de problemas. La teoría se calificará sobre 10 puntos y la parte de problemas sobre 10 puntos. La nota de cada examen parcial estará formada por un 50% nota de teoría + 50% nota de problemas.

- Examen primer parcial : Tema 1 y Tema 2
- Examen segundo parcial : Tema 3, Tema 4 y Tema 5

El sistema de evaluación progresiva no contiene la prueba global

La evaluación progresiva quedará superada si, además de obtener una calificación global igual o superior a 5 puntos, se superan las calificaciones mínimas establecidas en cada actividad de evaluación.

La no realización o superación de alguna de las pruebas obligatorias para este sistema supondrá una calificación máxima de 4 puntos sobre 10, no siendo superada por tanto la evaluación.

El estudiante que no supere la asignatura mediante el sistema de evaluación progresiva podrá superarla mediante el sistema de evaluación global, siguiendo los criterios establecidos para ésta.

El aprobado por evaluación progresiva de un parcial se guardará hasta la convocatoria de evaluación extraordinaria del curso correspondiente

## 2. EVALUACIÓN GLOBAL

Para poder aprobar la asignatura mediante este sistema, el estudiante deberá realizar una prueba global, la cual consistirá en un examen escrito de contenidos de toda la asignatura. Su peso en la calificación final será de un 80%

Será obligatorio haber entregado los problemas propuestos en la evaluación progresiva, los cuales tendrán el 20% restante de peso en la calificación global. La no realización de alguna de las pruebas obligatorias para este sistema supondrá una calificación máxima de 4 puntos, no siendo superada por tanto la evaluación.

En el caso de que un estudiante no se presente al examen de alguna de las partes, se le considerará la calificación obtenida durante la evaluación progresiva, manteniendo los criterios fijados sobre las calificaciones mínimas establecidas. Aquellos estudiantes que se presenten y obtengan en alguna de las partes una calificación inferior a la obtenida en la evaluación progresiva, serán evaluados con la calificación obtenida en la evaluación progresiva.

El examen global se divide en dos exámenes parciales; un examen del primer parcial y un examen del segundo parcial. Cada examen parcial tendrá una primera parte de teoría de preguntas tipo test o/y preguntas abiertas y una segunda parte consistente en la resolución de problemas. Tanto la parte de teoría como la parte de problemas se calificarán sobre 10 puntos.

- La nota de cada parcial se calculará de la misma forma que en evaluación continua
- La nota del examen global se calculará como la media aritmética entre los dos parciales

## 2. EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Los estudiantes que no superen la evaluación ordinaria podrán superar la asignatura en la convocatoria extraordinaria, la cual consistirá en un examen de toda la asignatura. Su peso en la calificación será de un 80%

Será obligatorio haber realizado los problemas propuestos en la evaluación progresiva. La no realización de alguna de las pruebas obligatorias para este sistema supondrá una calificación máxima de 4 puntos, no siendo superada por tanto la evaluación.

En el caso de que un estudiante no se presente al examen de alguna de las partes, se le considerará la

calificación obtenida durante la evaluación progresiva, manteniendo los criterios fijados sobre las calificaciones mínimas establecidas. Aquellos estudiantes que se presenten y obtengan en alguna de las partes una calificación inferior a la obtenida en la evaluación progresiva, serán evaluados con la calificación obtenida en la evaluación progresiva.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones  |
|---|--------------|--|
| LIBRO 1   | Bibliografía | Boyle G. (1996) . Renewable energy.<br>Editorial: Oxford Univerity Press. (New York) |
| LIBRO 2   | Bibliografía | Fuell cell technology handbook. Editorial<br>CRC Press LLC. Varios autores           |
| LIBRO 3   | Bibliografía | Rodriguez Antón, LM. Apuntes de Ingeniería<br>Térmica.ETSIDI-UPM.Madrid 2011         |
| LIBRO 4   | Bibliografía | Mario Villares. Cogeneración. Editorial<br>Fundación Confemetal. 2003                |
| LIBRO 5   | Bibliografía | Guía básica de la microcogeneración.<br>FENERCOM 2012                                |
| RECURSO 1   | Recursos web | Plataforma virtual Moodle  |
| LABORATORIO 1   | Equipamiento | Laboratorio de Ingeniería Térmica  |
| LABORATORIO 2   | Equipamiento | Laboratorio de Medio Ambiente  |
| LABORATORIO 3   | Equipamiento | Laboratorio de Máquinas Eléctricas   |
| BIBLIOTECA  | Otros        | Biblioteca del Centro  |
| Guía de la Cogeneración. Fenercom<br>2010   | Bibliografía |  |
| Guía técnica para la medida y<br>determinación del calor útil, de la<br>electricidad y del ahorro de energía<br>primaria de cogeneración de alta<br>eficiencia. IDAE 2008 | Bibliografía |  |

|   |              |  |
|---|--------------|--|
| Presentaciones de la asignatura en Moodle | Recursos web |  |
|---|--------------|--|

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Clases de teoría : Los conceptos básicos de cada tema serán presentados mediante clases expositivas con el propósito de aportar información, generar la comprensión y estimular el interés del alumno.

Clases de problemas: Constituyen una actividad didáctica complementaria de las lecciones teóricas, ya que tanto los problemas como los ejercicios prácticos de aplicación pretenden clarificar, asentar y aplicar los conocimientos teóricos, presentándolos de forma estructurada y en orden de dificultad progresiva

Trabajos individuales: El alumno de forma individual se enfrenta a la resolución, entrega y exposición de los problemas una vez que dispone de la información teórica necesaria. Este ejercicio le ayuda a comprender y aplicar los conceptos básicos estudiados y da lugar a un debate en el grupo sobre la materia tratada en el problema.

Trabajos en grupo : Los equipos de trabajo permiten incrementar la participación de los alumnos y su motivación. Con las acciones cooperativas se pretende fomentar el diálogo y enseñar a escuchar de modo comprensivo, estimular el intercambio de ideas, informaciones y sugerencias, fortalecer el espíritu de grupo, preparar para realizar discusiones dirigidas, ejercitar la imaginación creadora mediante "tormenta de ideas", fomentar la revisión bibliográfica para documentarse en trabajos monográficos, mejorar las capacidades de expresión escrita y oral mediante la presentación de las diferentes acciones propuestas en seminarios de clase, etc.

Se propondrán trabajos en grupo o individuales en función del número de alumnos matriculados

Tutorías : Se plantean en tres niveles:

- Consulta tradicional sobre dudas de aspectos teóricos, prácticos o experimentales de la asignatura.
- Soporte para la preparación de los trabajos individuales

Soporte para la preparación de los trabajos en grupo

Esta asignatura contribuye al "Objetivo de Desarrollo Sostenible " (ODS) 7 de Naciones Unidas: "Energía Asequible y no contaminante" en sus metas: Acceso universal a la energía moderna, aumentar el porcentaje mundial de energía renovable y duplicar la mejora de la eficiencia energética.

También aporta al resto de ODS que tienen relación con la energía para el desarrollo sostenible y en especial, a la ODS 13 "Acción por el clima", en sus metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, resiliencia climática de la infraestructura energética y estrategias de energía sostenible.