

## **Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética**

### **66331 - Hidrógeno y pilas de combustible**

**Guía docente para el curso 2014 - 2015**

**Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 5.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Inmaculada Concepción Arauzo Pelet** [iarauzo@unizar.es](mailto:iarauzo@unizar.es)
- **Eva María Llera Sastresa** [ellera@unizar.es](mailto:ellera@unizar.es)

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Se trata de una asignatura de carácter eminentemente técnico. Para cursarla con aprovechamiento, son necesarios los siguientes requisitos:

Comprensión y manejo de las propiedades termodinámicas de las sustancias, conceptos básicos de termodinámica técnica, conceptos básicos de química, planteamiento y resolución de balances de materia y energía.

Conocimiento suficiente de inglés para manejo de documentación

Se trata de una asignatura de carácter eminentemente técnico. Para cursarla con aprovechamiento, son necesarios los siguientes requisitos:

Comprensión y manejo de las propiedades termodinámicas de las sustancias, conceptos básicos de termodinámica técnica, conceptos básicos de química, planteamiento y resolución de balances de materia y energía.

Conocimiento suficiente de inglés para manejo de documentación

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Asignatura de segundo cuatrimestre. Para fechas sobre comienzo de curso y convocatorias de examen, consultar

[https://eina.unizar.es/estudios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&catid=79](https://eina.unizar.es/estudios/index.php?option=com_content&view=article&id=85&catid=79)

---

### **Inicio**

---

### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

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

- 1:** 1.-Conocer los fundamentos químicos y termodinámicos que explican el funcionamiento de las pilas de combustible y la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables y no renovables  
2.- Aplicar y resolver modelos de orden cero de pilas PEMFC, SOFC y MCFC que incluyan balances de materia y energía en la pila.  
3.- Dimensionar un sistema de generación de hidrógeno partiendo de los procesos básicos asimilados en el resultado de aprendizaje (1)  
4.- Resolver problemas de análisis y diseño que incluyan la integración de pilas de combustible y/o sistemas de generación de hidrógeno en sistemas energéticos más generales con un alcance de estudio de viabilidad.  
Conocer los fundamentos químicos y termodinámicos que explican el funcionamiento de las pilas de combustible y la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables y no renovables

**2:**

- 1.-Conocer los fundamentos químicos y termodinámicos que explican el funcionamiento de las pilas de combustible y la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables y no renovables  
2.- Aplicar y resolver modelos de orden cero de pilas PEMFC, SOFC y MCFC que incluyan balances de materia y energía en la pila.  
3.- Dimensionar un sistema de generación de hidrógeno partiendo de los procesos básicos asimilados en el resultado de aprendizaje (1)  
4.- Resolver problemas de análisis y diseño que incluyan la integración de pilas de combustible y/o sistemas de generación de hidrógeno en sistemas energéticos más generales con un alcance de estudio de viabilidad.

Aplicar y resolver modelos de orden cero de pilas PEMFC, SOFC y MCFC que incluyan balances de materia y energía en la pila.

**3:**

- 1.-Conocer los fundamentos químicos y termodinámicos que explican el funcionamiento de las pilas de combustible y la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables y no renovables  
2.- Aplicar y resolver modelos de orden cero de pilas PEMFC, SOFC y MCFC que incluyan balances de materia y energía en la pila.  
3.- Dimensionar un sistema de generación de hidrógeno partiendo de los procesos básicos asimilados en el resultado de aprendizaje (1)  
4.- Resolver problemas de análisis y diseño que incluyan la integración de pilas de combustible y/o sistemas de generación de hidrógeno en sistemas energéticos más generales con un alcance de estudio de viabilidad.  
Dimensionar un sistema de generación de hidrógeno partiendo de los procesos básicos asimilados en el resultado de aprendizaje (1).

**4:**

- 1.-Conocer los fundamentos químicos y termodinámicos que explican el funcionamiento de las pilas de combustible y la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables y no renovables  
2.- Aplicar y resolver modelos de orden cero de pilas PEMFC, SOFC y MCFC que incluyan balances de materia y energía en la pila.  
3.- Dimensionar un sistema de generación de hidrógeno partiendo de los procesos básicos asimilados en el resultado de aprendizaje (1)  
4.- Resolver problemas de análisis y diseño que incluyan la integración de pilas de combustible y/o sistemas de generación de hidrógeno en sistemas energéticos más generales con un alcance de estudio de viabilidad.  
Resolver problemas de análisis y diseño que incluyan la integración de pilas de combustible y/o sistemas de generación de hidrógeno en sistemas energéticos más generales con un alcance de estudio de viabilidad.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Se trata de una asignatura del itinerario térmico del máster. En ella se describen los distintos sistemas de obtención de H<sub>2</sub> utilizando combustibles fósiles o renovables, y el funcionamiento básico de las pilas de combustible que son en muchos casos el sistema para obtener electricidad y calor del hidrógeno con mejores prestaciones. El tema es relevante tanto para las energías renovables (por la capacidad de almacenamiento que supone el hidrógeno) como para la eficiencia energética, ya que las pilas de combustible suministran en general buenos rendimientos para la generación de electricidad y mas aún en sistemas de cogeneración.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

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

- Conoce los métodos más habituales de obtención de hidrógeno a partir de materias primas.
- Conoce los distintos tipos de pilas de combustible y es capaz de realizar un dimensionamiento básico de pilas de membrana polimérica y sus equipos auxiliares.
- Conoce las aplicaciones más habituales de pilas de combustible (automoción, cogeneración) y puede realizar un diseño térmico básico de dichas instalaciones.

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

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

##### 1: Competencias específicas

- Determinar la eficiencia energética de equipos y sistemas térmicos y de los procesos en los que intervienen, aplicando las normativas apropiadas para su determinación: diseño de ensayos, instrumentación y realización de los cálculos necesarios.
- Conocer las tecnologías más importantes para la utilización de los principales recursos energéticos renovables: energía solar, eólica y biomasa. Ser capaz de realizar dimensionamiento, selección y prediseño de dichas instalaciones.

##### 2: Competencias generales

- Es capaz de adquirir conocimientos avanzados y demostrando, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética.
- Es capaz de aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética.
- Es capaz de evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la solución que se proponga en cada caso en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética.
- Es capaz de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética
- Es capaz de transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética.;

#### Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

La generación de hidrógeno con energías renovables y la utilización de pilas de combustible para la generación de calor y electricidad son dos tecnologías emergentes con posibilidades de éxito en el futuro.

Los conocimientos adquiridos en esta asignatura son le darán al estudiante una perspectiva básica que puede serle de ayuda a la hora de incorporarse a equipos de investigación o empresas de I+D que trabajen directamente en estos

temas, pero también en integración de energías renovables o generación distribuida. La generación de hidrógeno con energías renovables y la utilización de pilas de combustible para la generación de calor y electricidad son dos tecnologías emergentes con posibilidades de éxito en el futuro. Los conocimientos adquiridos en esta asignatura son le darán al estudiante una perspectiva básica que puede serle de ayuda a la hora de incorporarse a equipos de investigación o empresas de I+D que trabajen directamente en estos temas, pero también en integración de energías renovables o generación distribuida.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

**1: Trabajos prácticos durante el curso (30%):**

Ejercicios prácticos a lo largo del curso

Trabajos de prácticas.

**2: Trabajo de asignatura (35%):**

Realización de un trabajo de iniciación a la investigación sobre un tema acordado con el profesor utilizando bibliografía especializada. Entrega de memoria y presentación ante los compañeros. La evaluación del trabajo de asignatura se realizará en la última quincena lectiva. El trabajo se realizará de forma individual o por parejas.

Se evaluará la presentación en clase del trabajo y la memoria escrita. Se valorará: demostrar comprensión de la materia, relaciones entre conceptos, ampliación de los conceptos presentados en clase, presentar un esquema de trabajo coherente (introducción, desarrollo y conclusiones), adecuada referencia del trabajo de otros, claridad de la presentación oral, respuesta adecuada a las preguntas, y corrección de la memoria.

**3:**

Examen teórico-práctico (35%):

Problemas y cuestiones de teoría, con apuntes, de tres horas de duración, en las semanas de evaluación al final del periodo lectivo.

**Examen teórico-práctico (35%):**

Problemas y cuestiones de teoría, con apuntes, de tres horas de duración, en las semanas de evaluación al final del periodo lectivo.

Será necesario obtener en cada actividad de evaluación un mínimo de 4/10 para promediar.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

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

En las sesiones de teoría se explican los conceptos básicos y se relacionan con las características técnicas de los procesos utilizando ejercicios cortos que se resuelven en la pizarra, sirviendo de apoyo para fijar la comprensión de los conceptos. En ambos casos la metodología son clases magistrales.

En las sesiones prácticas son sesiones de ordenador en la que se estudian casos prácticos más complejos que los presentados en la pizarra, donde es necesaria para su resolución cierta potencia de cálculo.

También se incluyen trabajos de asignatura, que pueden ser de tipo práctico utilizando software especializado o de ampliación de contenidos.

En las sesiones de teoría se explican los conceptos básicos y se relacionan con las características técnicas de los procesos utilizando ejercicios cortos que se resuelven en la pizarra, sirviendo de apoyo para fijar la comprensión de los conceptos. En ambos casos la metodología son clases magistrales.

En las sesiones prácticas son sesiones de ordenador en la que se estudian casos prácticos más complejos que los presentados en la pizarra, donde es necesaria para su resolución cierta potencia de cálculo.

También se incluyen trabajos de asignatura, que pueden ser de tipo práctico utilizando software especializado o de ampliación de contenidos.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

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

**1: Presentación de la asignatura. Motivación y desafíos tecnológicos.**

**1.- Producción de hidrógeno.**

- 1.1- Propiedades del hidrógeno
- 1.2- Procesos de producción de hidrógeno: reformado y electrolisis del agua.
- 1.3- Producción de hidrógeno con energías renovables
- 1.4- Almacenamiento, transporte y distribución del hidrógeno
- 1.5- Reformadores para pilas de combustible.

**2.- Pilas de combustible**

- 2.2- Introducción. Estructura básica de una celda de combustible.
- 2.2- Curva de polarización y balances de materia y energía
- 2.3 Sistemas auxiliares en las pilas de combustible
- 2.4- Pilas de baja temperatura: PEMFC, DMFC.
- 2.5- Pilas de alta temperatura: MCFC y SOFC
- 2.6- Otros tipos: AFC, PAFC.

**3.- Aplicaciones de las pilas de combustible**

- 3.1- Cogeneración
- 3.2- Sistemas híbridos de producción de electricidad
- 3.3- Automoción

### **Sesiones prácticas**

- 1) Práctica de ordenador: cálculo de producción de hidrógeno con distintas fuentes energéticas.
- 2) Práctica de ordenador. Balances de materia y energía en una pila PEMFC.

- 3) Práctica de ordenador. Modelo de sistema energético con pila de combustible.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El horario de la asignatura y comienzo de las clases se detalla en la web de la escuela <https://eina.unizar.es/>

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**