



# UNIVERSIDAD DE CASTILLA - LA MANCHA

## GUÍA DOCENTE

### 1. DATOS GENERALES

**Asignatura:** TECNOLOGÍA DEL HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE

**Tipología:** OPTATIVA

**Grado:** 420 - GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (AB-2021)

**Centro:** 605 - E.T.S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ALBACETE

**Curso:** 4

**Lengua principal de impartición:** Inglés

**Uso docente de otras lenguas:**

**Página web:** www.ier.uclm.es

**Código:** 56338

**Créditos ECTS:** 6

**Curso académico:** 2022-23

**Grupo(s):** 11

**Duración:** Primer cuatrimestre

**Segunda lengua:** Inglés

**English Friendly:** N

**Bilingüe:** N

| Profesor: JESUS CANALES VAZQUEZ - Grupo(s): 11    |                                |           |                            |  |
|---|--------------------------------|-----------|----------------------------|--|
| Edificio/Despacho                                 | Departamento                   | Teléfono  | Correo electrónico         | Horario de tutoría                         |
| Instituto Energías Renovables/0D1                 | MECÁNICA ADA. E ING. PROYECTOS | 926053197 | jesus.canales@uclm.es      | Se anunciará al inicio del curso académico |
| Profesor: JUAN CARLOS PEREZ FLORES - Grupo(s): 11 |                                |           |                            |  |
| Edificio/Despacho                                 | Departamento                   | Teléfono  | Correo electrónico         | Horario de tutoría                         |
| Instituto Energías Renovables / 0D1               | MECÁNICA ADA. E ING. PROYECTOS | 926053325 | JuanCarlos.PFlores@uclm.es |  |

### 2. REQUISITOS PREVIOS

Debido a que durante el transcurso de la asignatura se van a tratar los principios de funcionamiento de dispositivos electroquímicos (baterías, pilas de combustible, electrolizadores) y sus componentes, es recomendable haber superado las asignaturas de Química, Física y Ciencia de Materiales. Es recomendable poseer un nivel de inglés B1, ya que se oferta en este idioma exclusivamente.

### 3. JUSTIFICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS, RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS Y CON LA PROFESIÓN

La asignatura Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible pretende combinar una serie de aspectos teóricos y prácticos, para que el alumno adquiera una serie de conocimientos básicos sobre el funcionamiento de las pilas de combustible en el contexto actual de necesidad de cambio en el modelo energético. Asimismo, ofrece una introducción al mundo de las tecnologías del hidrógeno, incluyendo aplicaciones, instalaciones, etc. Se trata de una asignatura optativa integrada en la Mención de Técnicas Energéticas, que por lo tanto está en consonancia con la línea argumental de dicha intensificación. Asimismo, la asignatura se apoya en conceptos que aparecen en otras asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Industrial:

Ciencia Materiales: relación estructura-propiedades, propiedades de los materiales, selección de componentes, etc.

Química: La tecnología del hidrógeno y, especialmente, su uso en pilas de combustible deben su funcionamiento a una serie de procesos redox, por lo que los conceptos aprendidos en la asignatura de Química están íntimamente relacionados con esta asignatura.

Por lo que respecta a la profesión, el hidrógeno (verde) y las pilas de combustible están recibiendo una creciente atención en lo que respecta al sector energético, fundamentalmente el relacionado con las energías renovables. En Ingeniería Industrial, la tecnología energética y de las energías renovables juega un papel fundamental, y supone uno de los grandes generadores de puestos de trabajos del sector. Esta asignatura permitirá al alumno que la curse tener unos conocimientos básicos pero de gran utilidad en una tecnología emergente, que tendrá una gran importancia en el futuro.

### 4. COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN QUE LA ASIGNATURA CONTRIBUYE A ALCANZAR

#### Competencias propias de la asignatura

| Código | Descripción  |
|--------|--|
| CB01   | Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio  |
| CB02   | Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio  |
| CB03   | Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética   |
| CB04   | Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado  |
| CB05   | Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía   |
| CEO14  | Adquisición de conocimientos aplicados sobre ahorro y eficiencia energética.   |
| CG01   | Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Industrial que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en la Orden CIN/351/2009, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización. |
| CG02   | Capacidad para la dirección de actividades objeto de proyectos de ingeniería en el ámbito de la Ingeniería Industrial.   |
| CG04   | Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.  |

**5. OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPERADOS****Resultados de aprendizaje propios de la asignatura**

Descripción

Razonar las tecnologías aplicables de utilización del hidrógeno y su empleo en pilas de combustible. Aplicaciones de generación eléctrica y propulsión.

**Resultados adicionales**

1. Reconocer el hidrógeno como vector energético y los procesos relacionados con la tecnología del hidrógeno
2. Describir los principios básicos de funcionamiento de una pila de combustible.
3. Identificar las técnicas más habituales de caracterización de pilas de combustible
4. Interpretar datos experimentales relacionados con la eficiencia de los dispositivos
5. Establecer los parámetros fundamentales en una instalación basada en pilas de combustible-hidrógeno, incluyendo sistemas híbridos con energías renovables

**6. TEMARIO****Tema 1: Introducción a la Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible****Tema 1.1** Contexto del Hidrógeno como Vector Energético**Tema 1.2** Generación Distribuida**Tema 1.3** Baterías y Pilas**Tema 1.4** Aplicaciones de Baterías Primarias y Secundarias**Tema 2: Hidrógeno****Tema 2.1** Propiedades Físico-Químicas**Tema 2.2** Producción de Hidrógeno: Reformado, Electrolisis, Ciclos Termoquímicos y Fotólisis**Tema 2.3** Almacenamiento y Distribución**Tema 3: Pilas de Combustible****Tema 3.1** Introducción**Tema 3.2** Clasificación de las Pilas de Combustible**Tema 3.3** Frontera Triple y Procesos de Electrodo**Tema 3.4** Fundamentos Termodinámicos**Tema 3.5** Eficiencia en Pilas de Combustible**Tema 4: Aplicaciones****Tema 4.1** Sistemas Propulsados por Pilas de Combustible**Tema 4.2** Integración Energías Renovables-Hidrógeno**7. ACTIVIDADES O BLOQUES DE ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA**

| Actividad formativa                           | Metodología   | Competencias relacionadas (para títulos anteriores a RD 822/2021) | ECTS | Horas | Ev | Ob | Descripción  |
|---|---|---|------|-------|----|----|--|
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL]    | Método expositivo/Lección magistral                           | CB01 CB02 CB04  | 0.88 | 22    | N  | -  | Se trata de una asignatura en la que tratan muchos conceptos completamente nuevos para el alumno, por lo que se hace necesario el empleo de clases magistrales participativas, parando cada 25 minutos para plantear preguntas, pequeños problemas, empleo de kits de demostración, etc.   |
| Talleres o seminarios [PRESENCIAL]            | Resolución de ejercicios y problemas                          | CB01 CB02 CB03 CB05   | 0.32 | 8     | N  | -  | Problemas relacionados con la aplicación de conceptos teóricos-prácticos para resolución en grupo o de forma individual.   |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL] | Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones | CB01 CB02 CB03 CB04   | 0.64 | 16    | S  | N  | Trabajo cooperativo que consiste en elaborar una exposición oral breve sobre temas íntimamente relacionados con la asignatura y que servirán para profundizar en aspectos prácticos/aplicaciones más allá de lo visto en clase. De esta forma los alumnos participan de una forma activa en complementar la formación de sus compañeros supervisados por el profesor |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA] | Trabajo autónomo  | CB03 CB04 CB05  | 0.96 | 24    | S  | N  | Parte complementaria a los talleres/seminarios, elaboración de trabajos, Aprendizaje basado en proyectos, etc. que implican un trabajo autónomo por parte del estudiante para complementar las actividades realizadas en grupo   |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL]         | Prácticas   | CB01 CB02 CB03 CB05   | 0.32 | 8     | S  | N  | Prácticas de laboratorio orientadas a conocer aspectos fundamentales   |
| Elaboración de memorias de                    | Trabajo autónomo  | CB04 CB05   | 0.4  | 10    | S  | N  | Elaboración de las memorias correspondientes a las prácticas de  |

|   |                       |                |  |            |  |  |
|---|-----------------------|----------------|--|------------|--|--|
| Prácticas [AUTÓNOMA]                        |                       |                |  |            |  | laboratorio  |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA]          | Foros virtuales       | CB01 CB02 CB04 | 0.8  | 20         | N  | Participación en diversos foros de debate a través de la plataforma moodle para la resolución de problemas en grupo, discusión sobre temas de interés relacionados con el temario (por ejemplo viabilidad de una economía del hidrógeno, vehículos híbridos, etc), |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL]            | Pruebas de evaluación | CB01 CB04 CB05 | 0.16   | 4          | S  | Pruebas realizadas a la finalización de cada tema donde se evaluarán conceptos teórico-prácticos   |
| Prueba final [PRESENCIAL]                   | Pruebas de evaluación | CB02 CB03 CB04 | 0.08   | 2          | S  | Examen final de la asignatura  |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA] | Trabajo autónomo      |                | 1.44   | 36         | N  | Trabajo autónomo con el fin de reafirmar los conceptos tratados en las clases de teoría  |
| <b>Total:</b>                               |                       |                | <b>6</b>   | <b>150</b> |  |  |
|   |                       |                | <b>Créditos totales de trabajo presencial: 2.4</b> |            | <b>Horas totales de trabajo presencial: 60</b> |  |
|   |                       |                | <b>Créditos totales de trabajo autónomo: 3.6</b>   |            | <b>Horas totales de trabajo autónomo: 90</b>   |  |

Ev: Actividad formativa evaluable

Ob: Actividad formativa de superación obligatoria (Será imprescindible su superación tanto en evaluación continua como no continua)

| 8. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y VALORACIONES |                     |                         |   |
|---|---------------------|-------------------------|---|
| Sistema de evaluación                     | Evaluación continua | Evaluación no continua* | Descripción   |
| Prueba final                              | 0.00%               | 40.00%                  | Prueba escrita de respuesta corta y/o tipo test sobre los contenidos expuestos en las clases presenciales y sobre las actividades formativas de las prácticas de laboratorio. Para los alumnos que no superen la evaluación continua, en convocatoria extraordinaria o de finalización, su peso será del 100%   |
| Presentación oral de temas                | 30.00%              | 30.00%                  | Consistirá en la preparación de trabajos, que se desarrollarán en pequeños grupos (2-3) de estudiantes. Estas actividades también comprenden la exposición de los trabajos en clase o directamente al profesor. La claridad y corrección de la exposición podrá afectar a la nota del trabajo. Los alumnos que elijan la opción de evaluación no continua tendrán que realizar un trabajo o prueba de evaluación alternativo. |
| Pruebas de progreso                       | 40.00%              | 0.00%                   | Prueba escrita de respuesta corta y/o tipo test sobre los contenidos expuestos en cada unidad y que se realizarán a la finalización de cada una de ellas. Se requiere una calificación de al menos 4.0 para realizar media con el resto de ítems.   |
| Elaboración de memorias de prácticas      | 20.00%              | 20.00%                  | Al final de cada sesión de prácticas en laboratorio se cumplimentará un protocolo de la práctica realizada, que se entregará en el plazo marcado por el profesor. Es condición necesaria aprobar esta parte de la asignatura de manera aislada. Los alumnos que elijan la opción de evaluación no continua tendrán que realizar un trabajo o prueba de evaluación alternativo.  |
| Resolución de problemas o casos           | 10.00%              | 10.00%                  | Al final de la Unidad 4, se planteará el desarrollo de una instalación basada en una combinación de renovables-hidrógeno-pilas de combustible. Se pedirá una memoria donde se refleje el desarrollo del problema planteado. Los alumnos que elijan la opción de evaluación no continua tendrán que realizar un trabajo o prueba de evaluación alternativo.  |
| <b>Total:</b>                             | <b>100.00%</b>      | <b>100.00%</b>          |   |

\* En **Evaluación no continua** se deben definir los porcentajes de evaluación según lo dispuesto en el art. 4 del Reglamento de Evaluación del Estudiante de la UCLM, que establece que debe facilitarse a los estudiantes que no puedan asistir regularmente a las actividades formativas presenciales la superación de la asignatura, teniendo derecho (art. 12.2) a ser calificado globalmente, en 2 convocatorias anuales por asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria (evaluándose el 100% de las competencias).

#### Criterios de evaluación de la convocatoria ordinaria:

##### Evaluación continua:

Para la evaluación continua es necesario obtener una calificación de al menos 4.0 para realizar la media con los otros ítems. La nota media final entre todos los ítems debe ser igual o superior a 5.0.

##### Evaluación no continua:

Aquellos alumnos que no realicen la modalidad de evaluación continua tendrán que realizar trabajos o pruebas de evaluación alternativos para sustituir la presentación oral de temas y la resolución de problemas o casos. Asimismo, deberán realizar una prueba final con un peso del 40% de la calificación final. Al igual que en la modalidad de evaluación continua, es necesario obtener una calificación mínima de 4.0 en los diferentes ítems para realizar la media ponderada.

#### Particularidades de la convocatoria extraordinaria:

En la convocatoria extraordinaria, se aplicarán los mismo criterios que en la convocatoria ordinaria modalidad de evaluación no continua.

#### Particularidades de la convocatoria especial de finalización:

Son los mismos que en la convocatoria extraordinaria

**9. SECUENCIA DE TRABAJO, CALENDARIO, HITOS IMPORTANTES E INVERSIÓN TEMPORAL**

| <b>No asignables a temas</b>   |                   |
|--|-------------------|
| <b>Horas</b>   | <b>Suma horas</b> |
| Prueba final [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]   | 2                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 10                |
| <b>Comentarios generales sobre la planificación:</b> La planificación indica fechas aproximadas que pueden sufrir leves modificaciones en el transcurso del curso. |                   |
| <b>Tema 1 (de 4): Introducción a la Tecnología del Hidrógeno y Pilas de Combustible</b>  |                   |
| <b>Actividades formativas</b>  | <b>Horas</b>      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]  | 6                 |
| Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]   | 4                 |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]   | 2                 |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 6                 |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]   | 1                 |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 2                 |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]  | 4                 |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]  | 1                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 8                 |
| <b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas   |                   |
| <b>Tema 2 (de 4): Hidrógeno</b>  |                   |
| <b>Actividades formativas</b>  | <b>Horas</b>      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]  | 6                 |
| Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]   | 2                 |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]   | 2                 |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 6                 |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]   | 1                 |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 4                 |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]  | 6                 |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]  | 1                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 10                |
| <b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas   |                   |
| <b>Tema 3 (de 4): Pilas de Combustible</b>   |                   |
| <b>Actividades formativas</b>  | <b>Horas</b>      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]  | 6                 |
| Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]   | 2                 |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]   | 2                 |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 6                 |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]   | 4                 |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 4                 |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]  | 4                 |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]  | 1                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 8                 |
| <b>Comentario:</b> Las fechas indicadas son orientativas   |                   |
| <b>Tema 4 (de 4): Aplicaciones</b>   |                   |
| <b>Actividades formativas</b>  | <b>Horas</b>      |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]  | 2                 |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]   | 2                 |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 6                 |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]   | 2                 |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]  | 6                 |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]  | 1                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 10                |
| <b>Actividad global</b>  |                   |
| <b>Actividades formativas</b>  | <b>Suma horas</b> |
| Talleres o seminarios [PRESENCIAL][Resolución de ejercicios y problemas]   | 8                 |
| Presentación de trabajos o temas [PRESENCIAL][Lectura de artículos científicos y preparación de recensiones]   | 8                 |
| Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL][Método expositivo/Lección magistral]  | 20                |
| Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 24                |
| Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL][Prácticas]   | 8                 |
| Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 10                |
| Foros y debates on-line [AUTÓNOMA][Foros virtuales]  | 20                |
| Pruebas de progreso [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]  | 4                 |
| Prueba final [PRESENCIAL][Pruebas de evaluación]   | 2                 |
| Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA][Trabajo autónomo]  | 46                |
| <b>Total horas: 150</b>  |                   |

**10. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS**

| <b>Autor/es</b> | <b>Título/Enlace Web</b>  | <b>Editorial</b> | <b>Población ISBN</b> | <b>Año</b> | <b>Descripción</b> |
|-----------------|---|------------------|-----------------------|------------|--------------------|
|                 | Centro Nacional del Hidrógeno y Pilas de Combustible<br>www.cnethpc.es<br>Plataforma Española del |                  |                       |            | Página web         |

|   |   |                            |                   |      |            |
|---|---|----------------------------|-------------------|------|------------|
|   | Hidrógeno y Pilas de Combustible<br>www.ptehpc.org  |                            |                   |      | Página web |
| A. Züttel, A. Borgschulte and L. Schlapbach     | Hydrogen as a Future Energy Carrier   | Wiley & Sons               |                   | 2008 |            |
| D. Linden                                       | Handbook of Batteries   | McGraw Hill                |                   | 2019 |            |
| E.G. Technical Services Inc.                    | Fuel Cell Handbook  | U.S. Department of Energy  |                   | 2004 |            |
|   | <a href="http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/834188/834188.pdf">http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/834188/834188.pdf</a> |                            |                   |      |            |
| D. Stolten & B Emonts                           | Hydrogen Science and Engineering : Materials, Processes, Systems and Technology   | Wiley                      | 9783527332380     | 2016 |            |
| J. Canales-Vázquez & J.C. Ruiz-Morales          | Fuel Cells in "Materials for Sustainable Energy Applications. Conversion, Storage, Transmission and Consumption"                    | Pan Stanford Publishing    | 9789814411813     | 2016 |            |
| A. León   | Hydrogen Technology   | Springer                   | 978-3-642-09785-0 | 2008 |            |
| J. Larminie and A. Dicks                        | Fuel Cells Systems Explained  | John Wiley & Sons          |                   | 2003 |            |
| R. O'Hayre, S-W. Cha, W. Colella and F.B. Prinz | Fuel Cell Fundamentals  | Wiley & Sons               | 978-0-470-25843-9 | 2009 |            |
| S. Supramaniam                                  | Fuel Cells: From Fundamentals to Applications   | Springerlink (1st Edition) |                   | 2006 |            |
| Varios Autores                                  | Pilas de Combustible de Óxido Sólido  | CCPC (2ª Edición)          | 978-84-7926-567-0 | 2008 |            |
|   | Asociación Española del Hidrógeno<br>www.aeh2.org   |                            |                   |      | Página web |
| VVAA  | Energía: Desarrollos Tecnológicos en la Protección Medioambiental   | Thomson Reuters            | 978-84-470-3806-0 | 2011 |            |