



## Guía docente

### 240292 - 240EN45 - Almacenamiento de Energía

Última modificación: 09/07/2024

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 709 - DEE - Departamento de Ingeniería Eléctrica.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 5.0      **Idiomas:** Inglés

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Francisco Díaz González

**Otros:** Justin Chiu (KTH)  
Massimo Santarelli (POLITO)

#### CAPACIDADES PREVIAS

---

Capacidad de aprendizaje autónomo, matemáticas, experiencia en herramientas de simulación.

#### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Para el curso se adoptan las siguientes metodologías docentes:

- Clases o conferencias magistrales (CM): disertaciones del profesor o de eventuales colaboradores.
- Clases participativas (PART): debates conjuntos, así como la resolución de ejercicios en sala.
- Actividades cortas (PR): desarrollo individual de actividades cortas para aplicar los conocimientos adquiridos en el curso.
- Proyecto (PA): conocimiento basado en el diseño, planificación y despliegue de un proyecto de extensión relativamente larga sobre un tema concreto y aplicando los conocimientos adquiridos en la materia.
- Examen final (PECC).

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

---

Objetivos

Adquirir conocimientos básicos sobre sistemas de almacenamiento de energía en sistemas energéticos, con énfasis en tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica, térmica y basada en hidrógeno.

Resultados de aprendizaje

Al finalizar el curso, el estudiante:

- Debe conocer las principales características, prestaciones y limitaciones de los sistemas de almacenamiento de energía que se pueden aplicar en los sistemas energéticos.
- Debe conocer las expresiones matemáticas para dimensionar un sistema de almacenamiento de energía a partir de las demandas energéticas de los sistemas energéticos a los que está incluido.
- Debe conocer las bases de los mecanismos de gestión y seguimiento de los sistemas de almacenamiento de energía.
- Deberá conocer las bases para el modelado y simulación de sistemas energéticos incluidos los almacenamientos, como es el caso de las redes eléctricas.
- Deberá adquirir conocimientos y habilidades para definir un proyecto relacionado con la concepción, dimensionamiento y/o utilización de almacenamientos de energía en sistemas energéticos.

## CONTENIDOS

### Tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica: tecnologías de almacenamiento de energía mecánica, eléctrica y electroquímica.

#### Descripción:

Descripción:

Principios de funcionamiento, principales características, limitaciones y rendimiento de las tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica como energía mecánica (bombeo hidráulico, sistemas de aire comprimido y volantes), energía eléctrica (supercondensadores) y energía química (baterías). Presentación de expresiones matemáticas básicas para el dimensionamiento y modelado de cada tecnología.

#### Objetivos específicos:

Objetivos específicos:

- Aprender a calcular el almacenamiento de energía y la capacidad de potencia de cada tecnología. Adoptar los conceptos de estado de carga, estado de salud, eficiencia, densidad de energía, ciclabilidad y otros que caractericen plenamente las tecnologías desde una perspectiva de sistema.
- Adoptar los métodos para el dimensionamiento de tecnologías de almacenamiento de energía considerando limitaciones técnicas específicas que, al final, se traducen en un sobredimensionamiento.
- Abordar la modelización matemática de supercondensadores, volantes y baterías, con el fin de prever prestaciones técnicas y comportamiento dinámico. Este ejercicio de modelado también sirve para derivar las aplicaciones o servicios que cada una de las tecnologías puede proporcionar en los sistemas eléctricos.

#### Actividades vinculadas:

Actividades relacionadas:

- Proyecto (PA).
- Actividad corta (PR). Este caso de estudio abordará el dimensionamiento y desarrollo de un modelo de simulación para una batería en el software Matlab Simulink.

#### Dedicación: 33h

Grupo grande/Teoría: 10h

Actividades dirigidas: 14h

Aprendizaje autónomo: 9h

### Tecnologías de almacenamiento de energía térmica.

#### Descripción:

Descripción:

Principios de funcionamiento, principales características, limitaciones y rendimiento de las tecnologías.

- Almacenamiento de energía térmica en forma de calor sensible. Calor de alta y baja entalpía. Aire líquido criogénico.
- Almacenamiento de energía térmica en forma de calor latente. Materiales de cambio de fase.
- Almacenamiento de energía térmica en forma de calor químico. Productos químicos térmicos.

#### Objetivos específicos:

Objetivos específicos:

- Comparar diferentes tipos de sistemas de almacenamiento de energía térmica.
- Analizar los pros y contras de diferentes tipos de soluciones de almacenamiento de energía térmica.
- Diseño de unidad de almacenamiento térmico.

#### Actividades vinculadas:

Actividades relacionadas:

- Proyecto (PA).
- Actividad corta (PR).

#### Dedicación: 33h

Grupo grande/Teoría: 8h

Actividades dirigidas: 16h

Aprendizaje autónomo: 9h



## Procesos y tecnologías de hidrógeno y Power-to-X.

### Descripción:

Descripción:

- Introducción. Power-to-X (P2X) como paradigma de almacenamiento de energía a gran escala y a largo plazo.
- Power-to-Gas (P2G). Procesos, tecnologías, ejemplos (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> sintético). Análisis de integración de las redes (eléctrica-gas).
- Energía a Líquido (P2L). Procesos, tecnologías, ejemplos (CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>).
- Energía a Energía (P2P). Proceso de ida y vuelta, ejemplos de experiencias DEMO reales del proyecto H2020 REMOTE.

### Objetivos específicos:

Objetivos específicos:

- Los procesos y tecnologías para almacenar energía eléctrica en forma de productos químicos (en forma de gas y líquido).
- El diseño de los procesos P2G y P2L
- El proceso y la tecnología de power-to-power utilizando hidrógeno como medio de almacenamiento.

### Actividades vinculadas:

Actividades relacionadas:

- Proyecto (PA).
- Actividad corta (PR). Este caso de estudio abordará el diseño de un sistema de almacenamiento de energía power-to-power basado en la integración de módulos de baterías de Li-ion y un sistema basado en H<sub>2</sub>, aplicado preferentemente en una isla, con el fin de asegurar la independencia energética del isla basándose en las fuentes renovables locales disponibles.

### Dedicación: 34h

Grupo grande/Teoría: 10h

Actividades dirigidas: 14h

Aprendizaje autónomo: 10h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Examen final (PECC): 40% Actividades cortas (PR): 30% Proyecto (PA): 30%

**SOBRE EL EXAMEN DE RECUPERACIÓN:** La recuperación del examen es sólo una opción para aquellos estudiantes que no aprobaron la asignatura al final del curso (esto supone obtener una nota final de la asignatura inferior a 5 puntos sobre 10 puntos). De optar y aprobar el examen de recuperación, la nota final de toda la asignatura será de 5 sobre 10 puntos.

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

El uso de una calculadora está permitido (y es necesario) para el examen final (PECC). No se podrá utilizar documentación adicional ni ningún otro material en el examen. Las actividades cortas (PR) deberán abordarse de forma individual, no grupal, y deberán entregarse al profesor a través de la plataforma Atenea cuando convenga. Finalmente, el proyecto (PA) está pensado para realizarse de forma individual o en grupo, y deberá presentarse a la clase durante la última sesión del curso.

El informe de este proyecto deberá entregarse al profesor vía correo electrónico.

## BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

- Díaz-González, F.; Sumper, A.; Gomis-Bellmunt, O.. Energy storage in power systems. John Wiley and Sons, 2016. ISBN 9781118971321.