Universidad Zaragoza

**Curso Académico: 2022/23**

# 66380 - Almacenamiento térmico de energía

## Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23
**Asignatura:** 66380 - Almacenamiento térmico de energía
**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
**Titulación:** 636 - Máster Universitario en Energías Renovables y Eficiencia Energética
**Créditos:** 3.0
**Curso:** 1
**Periodo de impartición:** Segundo semestre
**Clase de asignatura:** Optativa
**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

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

1. Conocer las tecnologías que permiten el almacenamiento de energía térmica
2. Identificar las necesidades de los sistemas de almacenamiento de energía térmica en los sistemas energéticos complejos
3. Conocer los materiales que se emplean en sistemas de almacenamiento de energía térmica y sus principales caracteristicas
4. Plantear, desarrollar y resolver modelos para el diseño de sistemas de almacenamiento de energía térmica
5. Plantear, desarrollar y resolver modelos para la integración de los sistemas de almacenamiento de energía térmica en los sistemas energéticos complejos
6. Aplicar de forma adecuada los conceptos termodinámicos y económicos en el diseño y operación de los procesos de almacenamiento de energía térmica
7. Aplicar de forma adecuada los métodos de evaluación económica a los sistemas de almacenamiento de energía térmica

**Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:**

- ODS 7. Energía asequible y no contaminante.
  - Meta 7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
  - Meta 7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.
  - Meta 8.4. Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados.
- ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.
  - Meta 9.4. De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen

medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

Meta 9.5. Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo

- ODS 12. Producción y consumo responsable.

  Meta 12.2. De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

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

La asignatura de Almacenamiento térmico de energía pertenece al Módulo de optativas transversales. En este contexto, la asignatura proporciona los principios fundamentales para comprender el papel de los equipos de almacenamiento de energía térmica para lograr sistemas energéticos eficientes, viables y neutros en carbono. En la asignatura se presentan los métodos para diseñar, seleccionar y operar los equipos de almacenamiento de energía térmica, así como lo materiales que se emplean y sus características principales. Se presta una especial atención al papel de los sistemas de almacenamiento térmico para reducir los costes y favorecer la integración de las energías renovables.

Sirve para que el alumno afiance los conceptos básicos adquiridos en las asignaturas de Termodinámica Técnica, Fundamentos de Transmisión de Calor e Ingeniería Térmica de los grados que tienen acceso a éste máster y le capacita para comprender y utilizar con provecho las publicaciones especializadas sobre el almacenamiento de energía térmica. También profundiza en la metodología para la evaluación y comparativa de las diferentes tecnologías para su integración en el sector residencial-comercial, industrias intensivas en el consumo de energía y sistemas energéticos.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Para cursar la asignatura de Almacenamiento térmico de energía resultará imprescindible que el estudiante haya superado las asignaturas Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor, Ingeniería Térmica y/o Termotecnia, de los grados que tienen acceso a éste máster.

Se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases de teoría y problemas, así como un estudio continuado de los contenidos de la asignatura, la preparación de los casos prácticos que puedan ser resueltos en sesiones posteriores, el estudio de los guiones y la elaboración continua de los resultados.

El trabajo continuado es fundamental para superar esta asignatura con el máximo aprovechamiento, ya que cada parte se estudia gradualmente con un procedimiento progresivo. Por ello, cuando surjan dudas, es importante resolverlas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en esta materia. Para ayudarle a resolver sus dudas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

Al superar la asignatura el estudiante será más competente para:

**Generales**:

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.
CG01.- Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos en relación con la eficiencia energética.
CG02.- Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos en relación con las energías renovables.
CG03.- Ser capaz de comunicar los resultados de su propia investigación en forma de artículo científico ante una audiencia especializada.
CG04.- Seguir la evolución tecnológica de las energías renovables y tener conocimiento prospectivo de esta evolución.
CG05.- Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica profesional o investigadora de la eficiencia.
CG6.- Identificar la legislación vigente y reglamentación aplicable al sector de las energías renovables y de la eficiencia energética
CG07.- Valorar la aplicación de tecnologías emergentes en el ámbito de la energía y el medio ambiente.
CG08.- Desarrollar la capacidad para asesorar y orientar sobre la mejor forma o cauce para optimizar los recursos energéticos en relación con las energías renovables.
CG09.- Plantear y resolver problemas, interpretar un conjunto de datos y analizar los resultados obtenidos; en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad.

**Específicas**:

CE01.- Capacidad para utilizar y desarrollar metodologías, métodos, técnicas, programas de uso específico, normas y estándares de computación.
CE02.- Capacidad para desarrollar y ejecutar proyectos de energías renovables.
CE03.- Conocimiento de la importancia e implicaciones del uso de la energía en el desarrollo de sociedad.
CE04.- Evaluar el impacto ambiental asociado a una instalación de EERR o actuación de eficiencia energética.
CE05.- Conocimiento de los procesos de la gestión, mejora y optimización energética de la industria.
CE07.- Conocimiento de las tecnologías relativas a la movilidad sostenible.
CE08.- Describir las redes inteligentes asociadas a la gestión y distribución energética.
CE09.- Capacidad para analizar consumos energéticos y sus costes asociados y elaborar auditorías energéticas.
CE11.- Proyectar sistemas de cogeneración.
CE12.- Planificar sistemas de biomasa, biocombustibles y biocarburantes.
CE15.- Calcular sistemas de almacenamiento energético.
CE17.- Calcular sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica, así como la integración de las energías renovables en cada uno de ellos.

### 2.2. Resultados de aprendizaje

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

- Conocer distintos modos de almacenamiento de energía y las limitaciones de su intercambiabilidad
- Conocer las formas de almacenamiento térmico de la energía, sus mecanismos de acumulación y descarga, las pérdidas energéticas del proceso, incluyendo o no el cambio de fase de sus materiales

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad complementar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Optativas transversales*, definido en https://eina.unizar.es/master-universitario-energias-renovables-y-eficiencia, en su aplicación concreta al *Almacenamiento térmico de energía.*
Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de adquirir los resultados de aprendizaje enumerados en el apartado correspondiente.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación
***Opción 1:***
La evaluación es global y comprende:

1. Resolución de problemas y casos prácticos. El estudiante se familiariza con las aplicaciones del almacenamiento térmico de energía, las tecnologías y los materiales. Mediante herramientas informáticas especializadas el estudiante aprende a resolver problemas de diseño de sistemas de almacenamiento de energía térmica. Para ello, aplica los conocimientos propios de la materia a la resolución de problemas y casos prácticos y entrega un informe de resultados.
2. Realización de un examen al finalizar la asignatura. Esta prueba constará de preguntas y cuestiones teórico-prácticas razonadas en la que se pedirá la aplicación de la teoría a casos y ejemplos concretos.

En todas las actividades de evaluación se valorarán los siguientes aspectos y cualidades en el grado indicado en cada caso:

- Realización propia de las tareas: si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente sería cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de los trabajos planteados.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita y oral: correcta ortografía y gramática, correcta expresión, estructura de contenidos coherente.
- Concreción y exactitud de los resultados obtenidos.
- Análisis crítico de los resultados: conocimiento del estado del arte, coherencia de los

resultados presentados, relación con otras materias de la titulación, posibilidades de mejora y continuación.

- Entrega en el formato, procedimiento y plazo indicado por el profesor: no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa justificada debidamente.

La nota de la asignatura se calculará según la siguiente fórmula:

**Nota** = 1/3***P*** + + 2/3 ***E***

siendo: **P** la nota de las prácticas (actividad de evaluación 1), y ***E*** la nota de la exposición ó del examen final, dependiendo de qué actividad se haya realizado (actividad de evaluación 2).

***Opción 2:***
Aquellos alumnos que no quieran seguir la evaluación según la opción 1, pueden optar por presentarse a una prueba global de la asignatura. Esta prueba global estará disponible en las dos convocatorias.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**
El proceso de aprendizaje se ha planteado para fomentar el trabajo continuado del estudiante y su participación, y se centra en los aspectos teórico-prácticos para poder comprender, analizar y aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas reales. En las clases magistrales se desarrollarán las bases teóricas que conforman la asignatura, resolviendo algunos problemas modelo. Las prácticas son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la compresión de la materia y a su vez contribuyen a que el alumno adquiera un punto de vista más aplicado y resuelva problemas más complejos y completos con la ayuda de recursos apropiados. Finalmente, una visita técnica complementará todo lo anterior.

### 4.2. Actividades de aprendizaje

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

**Clases magistrales** (22.5 h, 2 h/semana).Se impartirá la teoría de los temas propuestos y se resolverán problemas modelo.

**Prácticas** (5 h). Se realizarán 2 sesiones de 2.5 h de duración cada una. En ellas el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales y de problemas. Se realizarán de modo individual o en grupos de 2 alumnos y serán tuteladas por los profesores. La evaluación de las prácticas será continua informando al alumno del grado de consecución de los objetivos programados.

**Estudio personal y de tutela** (30 h). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.

**Pruebas de evaluación** (5 h). Se realizará un examen final para evaluar los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

### 4.3. Programa

El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

1. Introducción al almacenamiento de energía y su papel en la transición energética
2. Sistemas de almacenamiento de energía térmica: ventajas, sistemas basados en calor sensible, sistemas basados en calor latente y sistemas basados en reacciones termoquímicas.

3. Materiales
4. Modelos numéricos
5. Integración y parámetros característicos de los sistemas de almacenamiento térmicos

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

El profesor informará de su horario de atención de tutorías.
Las clases magistrales y de resolución problemas se imparten según horario establecido por la EINA.
Las sesiones de prácticas se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación. En principio se desarrollarán 2 sesiones centradas en la resolución de casos prácticos.
Se realizará una visita técnica

Se trata de una asignatura de 3 créditos ETCS, lo que equivale a 75 horas de trabajo del estudiante, que se distribuirán en las siguientes actividades:

| | **Actividad formativa** | **Trabajo estudiante (h)** |
|---|---|---|
| **1** | Clase magistral | 22.5 |
| **2** | Problemas y casos | 0 |
| **3** | Prácticas de laboratorio | 5 |
| **4** | Trabajos tutelados | 0.5 |
| **5** | Estudio personal y de tutela | 35 |
| **6** | Pruebas de evaluación | 10 |
| | **Horas totales** | **75** |

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes, y se pueden consultar todos ellos en su página Web: http://eina.unizar.es.
Las sesiones de prácticas se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación.