



## GUÍA DOCENTE CURSO: 2018-19

DATOS BÁSICOS DE LA ASIGNATURA			
Asignatura:	Almacenamiento Térmico y Otras Aplicaciones de la Energía Solar Concentrada		
Código de asignatura:	71061103	Plan:	Máster en Energía Solar
Año académico:	2018-19	Ciclo formativo:	Máster Universitario Oficial
Curso de la Titulación:	1	Tipo:	Obligatoria
Duración:	Primer Cuatrimestre		
DISTRIBUCIÓN HORARIA DE LA ASIGNATURA SEGÚN NORMATIVA			
	Créditos:	4,5	
	Horas totales de la asignatura:	112,5	
UTILIZACIÓN DE LA PLATAFORMA VIRTUAL:		Apoyo a la docencia	


DATOS DEL PROFESORADO			
Nombre	Pérez García, Manuel		
Departamento	Dpto. de Química y Física		
Edificio	Edificio Científico Técnico II - A. Planta 2		
Despacho	180		
Teléfono	+34 950 015295	E-mail (institucional)	mperez@ual.es
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=505552575650515388">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=505552575650515388</a>		
Nombre	BAYÓN CABEZA, MARÍA DEL ROCÍO		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	913466048	E-mail (institucional)	rocio.bayon@ciemat.es
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		
Nombre	Cañadas Martínez, Inmaculada		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	950387800 ext. 958	E-mail (institucional)	i.canadas@psa.es
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		
Nombre	Denk , Thorsten		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	950387800 ext. 804	E-mail (institucional)	tdenk@psa.es
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		
Nombre	González Pardo, Aurelio José		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	950387900 ext. 810	E-mail (institucional)	aurelioj@psa.es
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		
Nombre	Rojas Bravo, María Esther		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	914962504	E-mail (institucional)	esther.rojas@ciemat.es

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgXjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

Firmado Por	Universidad De Almería		Fecha	27/09/2018
ID. FIRMA	blade39adm.ual.es	WMgXjCNaK4xpzy42G7+heQ==	PÁGINA	1/6
				
WMgXjCNaK4xpzy42G7+heQ==				

Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		
Nombre	<b>Vidal Delgado, Alfonso</b>		
Departamento	-		
Edificio	Diversos Organismos Oficiales (Centros antiguos dependientes de Ministerios. Planta		
Despacho			
Teléfono	913466681	E-mail (institucional)	<a href="mailto:alfonso.vidal@ciemat.es">alfonso.vidal@ciemat.es</a>
Recursos Web personales	<a href="http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=">http://cms.ual.es/UAL/personas/persona.htm?id=</a>		

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

<b>Firmado Por</b>	<b>Universidad De Almeria</b>	<b>Fecha</b>	<b>27/09/2018</b>
<b>ID. FIRMA</b>	<b>blade39adm.ual.es</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2/6</b>
			
WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==			

## ELEMENTOS DE INTERÉS PARA EL APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

### Justificación de los contenidos

El almacenamiento térmico es una pieza clave de las centrales termosolares que hace que sean gestionables. En esta asignatura se estudian los sistemas de almacenamiento utilizados comercialmente en la este tipo de centrales, además de otras tecnologías de almacenamiento térmico. Además se verán otras aplicaciones de la energía solar concentrada como los sistemas solares termoquímicos para la producción de hidrógeno, que tienen una gran importancia para el desarrollo de ciclos termoquímicos y reactores solares que puedan acoplarse a las centrales para obtener combustible solar. Otra aplicación de gran interés es la utilización de la energía solar concentrada para el tratamiento y procesado de materiales, que se lleva a cabo normalmente en un horno solar.

### Materia con la que se relaciona en el Plan de Estudios

Esta asignatura se enmarca en la materia Sistemas Solares de Concentración, por lo que guarda relación con las asignaturas Energía Solar de Alta Concentración y Energía Solar de Media Concentración.

### Conocimientos necesarios para abordar la Asignatura

No son necesarios conocimientos previos más allá de los que ya poseen los alumnos a partir de las titulaciones que dan acceso al master.

### Requisitos previos recogidos en la memoria de la Titulación

No existen.

## COMPETENCIAS

### Competencias Generales

*Competencias Transversales de la Universidad de Almería*

*Competencias Básicas*

- Comprender y poseer conocimientos
- Capacidad de emitir juicios

### Competencias Específicas desarrolladas

Aprender el conocimiento y desarrollar la capacidad para el análisis y diseño de sistemas de almacenamiento térmico, combustibles solares y materiales.

## OBJETIVOS/RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

1. Conocer los conceptos básicos de materiales para el almacenamiento de calor sensible, latente y termoquímico.
2. Aprender a diseñar, de forma básica, sistemas de almacenamiento térmico utilizando calor sensible, latente o termoquímico.
3. Aprender a integrar sistemas de almacenamiento en centrales termosolares.
4. Comprender la termoquímica solar, en particular la producción a gran escala de hidrógeno solar.
5. Conocer los fundamentos de los ciclos termoquímicos y los reactores solares.
6. Entender el funcionamiento de un horno solar y su aplicación al estudio de materiales.
7. Conocer aplicaciones de termosolar concentrada en el tratamiento de materiales.

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

Firmado Por

Universidad De Almería

Fecha

27/09/2018

ID. FIRMA

blade39adm.ual.es

WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==

PÁGINA

3/6



WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==

# PLANIFICACIÓN

## Temario

### BLOQUE I. ALMACENAMIENTO TÉRMICO

#### Tema 1. ALMACENAMIENTO TÉRMICO. GENERALIDADES

Papel del almacenamiento de energía en tecnologías renovables y en solar térmica de concentración. Capacidad de almacenamiento. Esquema general de una central con almacenamiento y modos de funcionamiento.

#### Tema 2. GENERALIDADES Y SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO COMERCIALES

Concepto de almacenamiento en calor sensible y generalidades sobre los materiales utilizados en dicho almacenamiento. Sistema de almacenamiento basado en dos tanques con sales fundidas para centrales termosolares.

#### Tema 3. MATERIALES SÓLIDOS PARA ALMACENAMIENTO EN CALOR SENSIBLE. TANQUES TERMOCLINOS COMO SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO.

Almacenamiento en sólidos. Transferencia de calor por conducción. Estrategias de mejora de la transferencia de calor. Tanques termoclinos y de lecho empacotado. Formulación matemática e integración en centrales termosolares de este tipo de tanques. Problemática asociada y posibles soluciones.

#### Tema 4. GENERALIDADES E INTEGRACIÓN EN CENTRALES CON GENERACIÓN DIRECTA DE VAPOR

Concepto de almacenamiento en calor latente. Integración de sistemas de almacenamiento en calor latente en centrales con generación directa de vapor (GDV). Dimensionado del sistema de almacenamiento más adecuado para este tipo de centrales.

#### Tema 5. MATERIALES PARA ALMACENAMIENTO EN CALOR LATENTE Y NUEVOS DESARROLLOS PARA SISTEMAS

Materiales de cambio de fase (PCMs) como medios de almacenamiento en latente: generalidades, tipos y requerimientos según su aplicación. PCMs para centrales GDV y estrategias para mejorar la transferencia de calor.

#### Tema 6. ALMACENAMIENTO TERMOQUÍMICO. GENERALIDADES Y MODOS DE INTEGRACIÓN EN CENTRALES TERMOSOLARES

Concepto y generalidades del almacenamiento termoquímico. Reacciones termoquímicas más adecuadas. Elaboración de curvas de equilibrio termodinámico. Posibles modos de integración de diferentes sistemas de almacenamiento termoquímico en las centrales termosolares.

### BLOQUE II. CICLOS TERMOQUÍMICOS PARA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

#### Tema 7. SISTEMAS SOLARES TERMOQUÍMICOS

Introducción a los sistemas solares termoquímicos. Aplicación a la producción de hidrógeno.

#### Tema 8. VIABILIDAD TÉCNICA DE LOS SISTEMAS SOLARES TERMOQUÍMICOS PARA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Introducción de la economía del hidrógeno: Iniciativas a nivel internacional. Tecnologías de producción de hidrógeno y viabilidad técnica.

#### Tema 9. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO SOLAR: COMPONENTES, ENSAYO Y EVALUACIÓN (I)

Integración de sistemas de producción de hidrógeno en una central de torre: Componentes, ensayo y evaluación a escala real.

#### Tema 10. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO SOLAR: COMPONENTES, ENSAYO Y EVALUACIÓN (II)

Componentes principales de una planta termoquímica de producción de hidrógeno. Retos del desarrollo de esta tecnología.

#### Tema 11. CICLOS TERMOQUÍMICOS Y REACTORES SOLARES

Ciclos termoquímicos. Configuraciones de receptores ensayados y retos del desarrollo de esta tecnología.

### Metodología y Actividades Formativas

Como metodología docente, en las horas presenciales se van a realizar las siguientes actividades formativas:

- Clases magistrales participativas: el profesor expone brevemente los contenidos de los temas
- Clases teórico-prácticas: los alumnos realizan ejercicios y problemas bajo la tutela del profesor. Este trabajo del alumno culminará con la redacción de un trabajo individual con los problemas resueltos.
- Tutorías: los alumnos podrán resolver dudas, poner en común con los profesores los resultados de la búsqueda de información y solicitar bibliografía complementaria a través de las tutorías, que se realizarán de forma presencial durante la semana en la que se imparte esta asignatura y a través del aula virtual durante el resto del periodo de impartición del master.

En las horas no presenciales, el alumno deberá realizar su trabajo autónomo consistente en el estudio individual de los contenidos teóricos, asimilación de los conocimientos adquiridos en las clases presenciales y búsqueda de información adicional referida a dichos contenidos.

### Actividades de Innovación Docente

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

Firmado Por

Universidad De Almería

Fecha

27/09/2018

ID. FIRMA

blade39adm.ual.es

WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==

PÁGINA

4/6



WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==

## PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS

### Criterios e Instrumentos de Evaluación

El sistema de evaluación se basa en la realización de las siguientes actividades académicamente dirigidas, en las que se consideran todos los aspectos de la labor del estudiante y que se evalúan entre 0 y 10 puntos, debiendo obtener más de 5 puntos en cada una para poder superar la asignatura:

- Asistencia y participación en las clases magistrales, las clases teórico prácticas de resolución de problemas y las tutorías.
- Examen final de la asignatura consistente en una serie de ejercicios teórico-prácticos.

La nota final de la asignatura se obtendrá aplicando la siguiente ponderación:


Calificación = 0,1 Asistencia, participación y problemas + 0,9 Examen final

Las competencias genéricas (CB6, CB8) y específicas (CE10) de esta asignatura se evaluarán con la asistencia y participación en la resolución de problemas y con el examen, donde se podrá comprobar si el alumno ha asimilado y es capaz de integrar, sintetizar y aplicar los conocimientos técnicos adquiridos relacionados con cada uno de los bloques de la asignatura, y formular reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas asociadas a dicha aplicación.

### Mecanismos de seguimiento

- Asistencia a tutorías
- Otros: Realización de actividades en clase

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

<b>Firmado Por</b>	<b>Universidad De Almeria</b>	<b>Fecha</b>	<b>27/09/2018</b>
<b>ID. FIRMA</b>	<b>blade39adm.ual.es</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>5/6</b>
			
WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==			

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía recomendada

#### Básica

- Maria Pagliaro, Athenasios G. Konstandopoulos. Solar Hydrogen: Fuel of the Future. Royal Society of Chemistry. 2012.
- National Research Council. Potential Applications of Concentrated Solar Photons. National Academies Press. 1991.
- Office of energy efficiency and renewable energy. Concentrating Solar Power Thermal Storage System Basics. <http://energy.gov/eere/energybasics/articles/concentrating-solar-power-thermal-storage-system-basics>. 2013.
- C. Libby. Program on Technology Innovation: Evaluation of Solar Thermal Energy Storage Systems. EPRI Technical Update. <https://publicdownload.epri.com>. 2009.
- IEA. Technology Roadmap Solar Thermal Electricity. [www.iea.org/publications/freepublications/publication/](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/). 2014.
- Analysis insights, NREL. Energy Storage. Possibilities for expanding electric grid flexibility. <http://www.nrel.gov/docs>. 2016.
- Balasubramanian Viswanathan et al.. Solar Fuels and Materials, vol 174 Nanostructure Science and Technology. Springer. 2014.

#### Complementaria

#### Otra Bibliografía

### Bibliografía existente en el Sistema de Información de la Biblioteca de la UAL


Puede ver la bibliografía existente en la actualidad en el Sistema de Gestión de Biblioteca consultando en la siguiente dirección:

<http://almirez.ual.es/search/e?SEARCH=ALMACENAMIENTO TERMICO Y OTRAS APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR CONCENTRADA>

### DIRECCIONES WEB

- <http://www.nrel.gov/docs>  
*Bibliografía relacionada*
- <https://publicdownload.epri.com>  
*Bibliografía relacionada*
- <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/>  
*Bibliografía relacionada*
- <http://energy.gov/eere/energybasics/articles/>  
*Bibliografía relacionada*

Puede verificar la autenticidad, validez e integridad de este documento en la dirección:  
<https://verificarfirma.ual.es/verificarfirma/code/WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==>

<b>Firmado Por</b>	<b>Universidad De Almeria</b>	<b>Fecha</b>	<b>27/09/2018</b>
<b>ID. FIRMA</b>	<b>blade39adm.ual.es</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>6/6</b>
			
WMgxjCNaK4xpzy42G7+heQ==			