

## **Máster en Iniciación a la Investigación Ingeniería Química y Medioambiente**

### **67005 - Ciencia y Tecnología de la combustión**

**Guía docente para el curso 2012 - 2013**

**Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 3.0**

---

## **Información básica**

---

### **Profesores**

- **Jesús Ceamanos Lavilla** ceamanos@unizar.es
- **María Ujué Alzueta Anía** uxue@unizar.es

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

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

La fechas e hitos clave de la asignatura están descritos con detalle, junto con los del resto de asignaturas del Master Universitario en Iniciación a la Investigación en Ingeniería Química y del Medio Ambiente  
<http://iqtma.cps.unizar.es/index.php?option=content&task=view&id=453&Itemid=50>

Se realiza una visita a instalaciones de combustión durante el curso que se concreta en la propia asignatura.

---

## **Inicio**

---

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

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

- 1:** Puede desarrollar mecanismos cinéticos para procesos de combustión a partir de datos cinéticos y termodinámicos. Es capaz de interpretar fenómenos y resultados reales de procesos de combustión en términos de mecanismos detallados cinéticos. Puede manejar bases de datos de parámetros termodinámicos y cinéticos e implementación de los mismos en programas de resolución de dichos mecanismos.
- 2:** Puede plantear y resolver las ecuaciones de conservación de diferentes sistemas de combustión de diferente complejidad y determinación de las simplificaciones posibles en diferentes casos.
- 3:** Asimila los conceptos teóricos de los distintos tipos de llamas. Resuelve problemas numéricos de distinto nivel de complejidad relacionados con: i) llamas laminares, ii) llamas de difusión, iii) determinación de temperaturas adiabáticas de llama.

- 4:** Es capaz de asimilar los conceptos teóricos de los distintos tipos de combustión existentes y de identificar las condiciones de operación más adecuadas para cada uno de ellos. Puede identificar las ventajas e inconvenientes del uso de cada sistema, incluyendo emisiones contaminantes. Resuelve problemas de diferente complejidad relacionados con la selección y optimización de sistemas, incluyendo la formación y destrucción de contaminantes.
- 5:** Es capaz de cuantificar la formación de contaminantes en los diferentes sistemas de combustión. Conoce los sistemas de control de contaminantes en sistemas de combustión. Es capaz de elegir el sistema de control de contaminantes más adecuado, para casos específicos, y con diferente nivel de complejidad.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura Ciencia y Tecnología de la Combustión es de carácter optativo y forma parte del Máster. Tiene una carga docente de 3 ECTS y se imparte en el segundo semestre.

Se trata de una asignatura básica de combustión, que no requiere de formación previa en este campo. Se aborda en ella el fenómeno de combustión desde el punto de vista de sus fundamentos científicos y se analizan las tecnologías más utilizadas en los diferentes procesos de combustión.

---

## 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:

La disciplina de combustión y sus aplicaciones son de interés claro para los profesionales de la ingeniería al más alto nivel, ya que los procesos de combustión forman parte de las industrias del entorno, de los procesos de generación de energía eléctrica y de actividades tan cotidianas como los desplazamientos en vehículos a motor.

En concreto, en esta asignatura se abordan fenómenos básicos necesarios para comprender el proceso de combustión, tales como termoquímica y transferencia de materia, así como la cinética química en diferentes niveles de detalle, e incluyendo la descripción de mecanismos detallados. Partiendo de un buen conocimiento de la termoquímica, la transferencia de materia y la cinética, se aborda el cómo plantear las ecuaciones de conservación simplificadas en sistemas de reacción.

Una vez considerados los aspectos más básicos y fundamentales de los procesos de combustión, se pasan a estudiar aplicaciones prácticas. Se comienza por el estudio de los distintos tipos de llama. Se lleva a cabo una descripción sencilla de las llamas laminares premezcladas y no-premezcladas, y se considera también la teoría de llamas turbulentas.

Se presta especial atención a la combustión de sólidos y a las tecnologías usadas en la actualidad para dicho proceso, por su relevancia en la producción de energía. Se utiliza la combustión de carbón como sistema típico y se aborda un análisis simplificado del proceso de combustión heterogénea. Se analizan las principales tecnologías utilizadas en la actualidad para la combustión de carbón y otros combustibles sólidos.

Finalmente se analiza la problemática de emisión de contaminantes asociada a los diversos procesos de combustión y se plantean las tecnologías más actuales de minimización de los diversos contaminantes.

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

La asignatura presente relacionada con procesos de combustión cubre una parcela de conocimiento en el campo de la ingeniería de gran necesidad y aplicación. La superación de esta disciplina capacitará a los alumnos para la comprensión de las instalaciones de combustión en distintas instalaciones, así como para su optimización desde un punto de vista de minimización de emisiones.

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

- 1:** Profundizar en: termoquímica de la combustión, y cinética de combustión.
- 2:** Simular y profundizar mecanismos de importancia en procesos de combustión. Realizar el análisis conjunto de fenómenos cinéticos y térmicos en sistemas de reacción.
- 3:** Profundizar en la aplicación de las ecuaciones de conservación en sistemas de reacción..
- 4:** Conocer los distintos tipos de llamas y profundizar en la descripción de los mismos.
- 5:** Analizar los sistemas de evaporación de gotas de combustible.
- 6:** Conocer y analizar los distintos sistemas de combustión de sólidos. Elección del sistema y condiciones de combustión.
- 7:** Evaluar la generación de contaminantes en los distintos sistemas de combustión. Analizar los posibles sistemas de minimización de los contaminantes generados en procesos de combustión.
- 8:** Buscar y gestionar la información.
- 9:** Comunicarse y exponer en inglés.
- 10:** Trabajar en grupo.
- 11:** Sintetizar.

---

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

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1:** Asistencia y participación en clase. 30 %  
Resultados de aprendizaje adquiridos: 1, 2, 3, 4, 5. Cada uno se adquiere en un 20 % de este aspecto de evaluación
- 2:** Trabajos individuales y en grupo. 30 %  
Resultados de aprendizaje adquiridos: 1, 2, 3, 4, 5. Cada uno se adquiere en un 20 % de este aspecto de evaluación
- 3:** Exposiciones o demostraciones de los trabajos realizados. Debate con los compañeros y profesores. 40 %  
Resultados de aprendizaje adquiridos: 1, 2, 3, 4, 5. Cada uno se adquiere en un 20 % de este aspecto de evaluación.

1. Desarrollo de mecanismos cinéticos para procesos de combustión a partir de datos cinéticos y termodinámicos. Interpretación de fenómenos y resultados reales de procesos de combustión en términos de mecanismos detallados cinéticos. Manejo de bases de datos de parámetros termodinámicos y cinéticos e implementación de los mismos en programas de resolución de dichos mecanismos.
2. Planteamiento y resolución de las ecuaciones de conservación de diferentes sistemas de combustión de diferente complejidad y determinación de las simplificaciones posibles en diferentes casos.
3. Asimilación de los conceptos teóricos de los distintos tipos de llamas. Resolución de problemas numéricos de distinto nivel de complejidad relacionados con: i) llamas laminares, ii) llamas de difusión, iii) determinación de temperaturas adiabáticas de llama.
4. Asimilación de los conceptos teóricos de los distintos tipos de combustión existentes e identificar las condiciones de operación más adecuadas para cada uno de ellos. Identificar las ventajas e inconvenientes del uso de cada sistema, incluyendo emisiones contaminantes. Resolución de problemas de diferente complejidad relacionados con la selección y optimización de sistemas, incluyendo la formación y destrucción de contaminantes.
5. Cuantificación de la formación de contaminantes en los diferentes sistemas de combustión. Conocimiento de los sistemas de control de contaminantes en sistemas de combustión. Elección del sistema de control de contaminantes más adecuado, para casos específicos, y con diferente nivel de complejidad.

**4:**

Estas pruebas afectan únicamente a aquellos estudiantes que no hayan superado la asignatura con las anteriores Actividades de evaluación (1, 2 y 3), no presenciales o que tengan que presentarse en sucesivas convocatorias por no haber superado la asignatura en primera convocatoria. Básicamente, las pruebas consisten en el mismo tipo de ejercicios que los estudiantes han ido realizando a lo largo de la asignatura, ya que se trata de pruebas directamente relacionadas con los resultados de aprendizaje previstos para la asignatura.

La evaluación se completará con una entrevista con el estudiante para constatar el buen dominio de los trabajos individuales presentados sobre los distintos temas de la asignatura (al menos 4 trabajos individuales), así como de un trabajo de carácter general sobre un aspecto concreto de la combustión. La ponderación al porcentaje de evaluación será el 50 % para los trabajos individuales, que se repartirá equitativamente entre todos los trabajos, y un 50 % para el trabajo de carácter general.

## **Tipo de evaluación**

### **Evaluación global con pruebas durante el periodo de docencia**

Las Actividades de evaluación números 1 y 2 se realizarán durante el periodo de docencia.

La Actividad de evaluación número 3 se desarrollará durante el periodo de exámenes.

Los alumnos que no superen la asignatura con las anteriores actividades, los alumnos no presenciales, o los que se presenten en sucesivas convocatorias, deberán superar la Actividad de evaluación número 4.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

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

La asignatura está estructurada en 25 clases magistrales participativas y 5 horas de seminarios organizadas en sesiones de trabajo de 2 horas, así como 10 horas de prácticas tuteladas en las que se abordarán problemas sencillos relacionados con las distintas materias consideradas. Finalmente, se llevará a cabo la realización y presentación de un trabajo sobre un aspecto específico de combustión.

### **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:**

1 Introducción a la combustión.

Contenidos: Contexto del interés del estudio de la combustión

- Clase magistral participativa: 1 h

- Trabajo autónomo del estudiante: 1 h de estudio.

2 Termoquímica de la combustión:

Contenidos: Estequiometría. Entalpías de formación. Calores de combustión. Temperatura de llama adiabática. Equilibrio químico.

- Clases magistrales participativas: 5 h

- Docencia práctica: 1 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 4 h de estudio y 3 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

3 Cinética química homogénea.

Contenidos: Reacciones. Mecanismos importantes.

- Clases magistrales: 5h

- Seminarios: 1 h

- Docencia práctica: 1 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 3 h de estudio y 3 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

4 Transferencia de materia.

Contenidos: Importancia de la etapa de transferencia de materia y aplicabilidad al proceso de combustión. Difusión molecular y convección. Fenómenos acoplados de transporte. Nomenclatura.

- Clases magistrales participativas: 1 h

- Docencia práctica: 1 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 1 h de estudio y 1 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

5. Ecuaciones de conservación.

Contenidos: Conservación de la materia. Conservación de la energía. Simplificaciones usuales en problemas de combustión. Shvab-Zeldovich. Conservación de la cantidad de movimiento. Ecuación de Navier-Stokes.

-Clases magistrales participativas: 1 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 1 h de estudio

6. Llamas: Premezcladas. De difusión. Llamas turbulentas.

Contenidos: Tipos de llamas y características. Velocidad y espesor de llama. Modelos simplificados. Formación y destrucción de soot. Estructura de la turbulencia y de llamas turbulentas. Regímenes de llama. Estabilización de llamas.

- Clases magistrales participativas: 5 h

- Seminarios: 1 h

- Docencia práctica: 2 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 4 h de estudio y 2 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

## 7. Evaporación de gotas.

Contenidos: Evaporación de gotas y combustión. Modelo teórico.

- Clases magistrales participativas: 1 h

- Seminarios: 1 h

- Docencia práctica: 1 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 2 h de estudio y 1 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

## 8. Combustión de sólidos.

Contenidos:

- Clases magistrales participativas: 3 h

- Seminarios: 1 h

- Docencia práctica: 2 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 2 h de estudio y 2 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

## 9. Medio ambiente: Formación de contaminantes. Eliminación de contaminantes.

Contenidos:

- Clases magistrales participativas: 3 h

- Seminarios: 1 h

- Docencia práctica: 2 h

-Trabajo autónomo del estudiante: 2 h de estudio y 3 h de preparación de presentación de trabajo práctico.

# Planificación y calendario

## Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Semana	Teoría	Prácticas	Activ. personal. Estudio.	Activ. personal. Trabajos tutelados.
1	2		1	
2	2		2	1
3	2		2	2
4	1	1	1	1
5	2		1	1
6	2		1	1
7	1	1		
8	1	1	1	1
9	2		1	
10	2		1	1
11	1		1	
12	1	2	1	1
13	2		1	
14	2		2	1
15	2		1	1
16	2			
17		2	1	1
18	2			1
19	2		1	1

20	2	1	1
Totales:			
alumnos	10	20	15

## **Bibliografía**

**Listado de libros recomendados para los contenidos tratados:**

**Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**