

## Combustión

Curso Académico: ( 2023 / 2024 )

Fecha de revisión: 14-04-2023

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Coordinador/a: VERA COELLO, MARCOS

Tipo: Optativa Créditos ECTS : 6.0

Curso : 1 Cuatrimestre : 2

## REQUISITOS (ASIGNATURAS O MATERIAS CUYO CONOCIMIENTO SE PRESUPONE)

Ecuaciones diferenciales ordinarias / Sistemas dinámicos  
Ecuaciones en derivadas parciales  
Se deberá haber cursado o estar cursando la materia Modelización Básica

## OBJETIVOS

## COMPETENCIAS

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, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial;

Saber aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios, incluyendo la capacidad de integrarse en equipos multidisciplinares de I+D+i en el entorno empresarial;

Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;

Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

Alcanzar un conocimiento básico en un área de Ingeniería/Ciencias Aplicadas, como punto de partida para un adecuado modelado matemático, tanto en contextos bien establecidos como en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

Modelar ingredientes específicos y realizar las simplificaciones adecuadas en el modelo que faciliten su tratamiento numérico, manteniendo el grado de precisión, de acuerdo con requisitos previamente establecidos.

Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería.

Saber modelar elementos y sistemas complejos o en campos poco establecidos, que conduzcan a problemas bien planteados/formulados.

## RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Comprender algunos de los problemas más complejos de un campo de aplicación en el ámbito de la Ingeniería y las Ciencias Aplicadas Saber modelar elementos complejos en este campo de aplicación, comprendiendo el grado de aproximación efectuado.

Entender las dificultades que tanto la simulación numérica como el análisis de estos modelos plantea.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

## 1. Introducción

- Perspectiva histórica
- La ciencia de la combustión
- Desarrollos futuros

## 2. Ecuaciones de conservación para flujos reactivos

- Mezclas multicomponente
  - \* Fracciones másicas
  - \* Fracciones molares
  - \* Concentraciones molares
- Ecuaciones de estado para mezclas de gases ideales
  - \* Ecuación térmica de estado
  - \* Ecuación calórica de estado
- Transporte molecular en mezclas multicomponente
  - \* Velocidades de difusión
  - \* Transporte multicomponente
  - \* Simplificaciones usuales en problemas de combustión
- Ecuaciones de conservación
  - \* Masa
  - \* Cantidad de movimiento
  - \* Especies
  - \* Energía
- Escalas características y números adimensionales

## 3. Termoquímica

- La hipótesis de combustión completa
  - \* Mezcla estequiométrica
  - \* Relación de equivalencia (o dosado relativo)
  - \* Composición de la mezcla de productos en combustión completa
    - + Combustión pobre
    - + Combustión rica
- Temperatura adiabática de llama
  - \* Definición
  - \* Calor de combustión
  - \* Cálculo de la temperatura adiabática de llama
    - + cp Variable
    - + cp Constant
- Combustión completa vs. combustión incompleta
  - \* Especies mayoritarias y minoritarias
- Equilibrio químico en mezclas reactivas
  - \* La constante de equilibrio
  - \* Disociación de las especies mayoritarias
  - \* Efecto de la temperatura y la presión

## 4. Cinética de la combustión

- Cinética química
  - \* Tipos de reacciones elementales
  - \* Mecanismos detallados y reducidos
  - \* Mecanismos de un solo paso
  - \* El límite de alta energía de activación
- Ritmo de liberación de calor por reacción química
- Hipótesis de estado estacionario
- Hipótesis de equilibrio parcial
- Ejemplos
  - \* Combustión de hidrógeno
  - \* Combustión de hidrocarburos
  - \* Análisis de Zeldovich para la producción de NO<sub>x</sub>

## 5. Combustión en sistemas de composición homogénea

- Ecuaciones de conservación para sistemas de composición homogénea
- Combustión adiabática en un reactor bien agitado. Soluciones estacionarias
  - \* El número de Damköhler
  - \* Ignición y extinción: La curva en forma de S
- Teoría de Frank-Kamenetskii de explosiones térmicas en recintos cerrados
- Explosiones de radicales
  - \* Límites de explosión en mezclas H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>
  - \* Límites de explosión en mezclas HC-O<sub>2</sub>
- Ignición espontánea en una cámara de combustión de volumen variable

- Otros procesos de ignición

## 6. Frentes reactivos: Detonaciones y deflagraciones

- Relaciones de Rankine-Hugoniot
- Detonaciones
  - \* Estructura ZND
  - \* Detonaciones "galopantes"
  - \* Estructura real de las detonaciones
- Deflagraciones o llamas premezcladas
  - \* Estructura interna
  - \* Velocidad de propagación
    - + Variación con la presión y la relación de equivalencia
  - \* Energía mínima de encendido
  - \* Distancia de apagado
  - \* Límites de inflamabilidad

## 7. Llamas de difusión

- Combustión no premezclada
- Parámetros termoquímicos relevantes
- El límite de reacción infinitamente rápida
- Efectos de cinética finita
  - \* Llamas de difusión en contracorriente
  - \* Ignición y extinción: La curva en forma de S
- Ejemplos
  - \* Llamas de difusión de chorro
  - \* Interacción de llamas con torbellinos

## 8. Evaporación y combustión de gotas y sprays

- Evaporación de gotas
- Combustión de gotas
- Descripción homogeneizada de la combustión de sprays

## 9. Inestabilidades de la combustión

- Estiramiento y curvatura de la llama
- Inestabilidad termo-difusiva
- Inestabilidad hidrodinámica
- Inestabilidad termoacústica

## 10. Combustión turbulenta

- Combustión turbulenta premezclada
  - \* Escalas características
  - \* Diagrama de regímenes
  - \* Velocidad de llama turbulenta
- Combustión turbulenta no premezclada
  - \* Escalas características
  - \* Diagrama de regímenes
  - \* Llamas de difusión de chorro turbulentas

## ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

Clases en el aula.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

Los alumnos deben demostrar que entienden y saben aplicar los conceptos aprendidos a través de 4 trabajos consistentes en la resolución de problemas sobre los contenidos impartidos en la asignatura.

En la convocatoria extraordinaria los alumnos podrán entregar aquellos trabajos que no hayan entregado durante la evaluación continua, o que hayan obtenido una nota de evaluación menor a 5 sobre 10.

**Peso porcentual del Examen Final:**

0

**Peso porcentual del resto de la evaluación:**

100

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- A. Liñán & F. A. Williams Fundamental Aspects of Combustion, Oxford University Press, 1993
- D. A. Frank-Kamenetskii Diffusion and Heat Transfer in Chemical Kinetics, Plenum Press, 1969
- D. E. Rosner Transport Processes in Chemically Reacting Flow Systems, Dover, 2000
- F. A. Williams Combustion Theory, Benjamin-Cummings, 1985
- N. Peters Turbulent Combustion, Cambridge University Press, 2000