

## MC.XII Flujos especiales

Este módulo se imparte durante el segundo cuatrimestre del curso en la Universidad de Málaga corresponde a la Especialidad III. Aero-hidrodinámica de vehículos y comprende las siguientes unidades docentes:

- UDXII.1 Flujos no newtonianos y reología (2.5 ECTS)
- UDXII.2 Flujos compresibles y sus aplicaciones (3.5 ECTS)

que se complementan entre sí, con objetivos, contenidos, métodos docentes y bibliografía específicos.

### Objetivos del MC.XII

#### Competencias genéricas

El alumno mejorará su capacidad de:

- analizar y sintetizar el trabajo y sus resultados
- difusión del mismo tanto por escrito como de forma oral, incluyendo técnicas de representación y exposición
- razonamiento crítico y capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica de forma autónoma.

#### Competencias específicas

El alumno profundizará en el conocimiento de flujos especiales tales como los flujos compresibles y los flujos no newtonianos así como en la aplicación de sus propiedades en problemas relacionados con la aero-hidrodinámica de vehículos.

### Métodos docentes del MC.XII

Cada unidad docente tiene su propia metodología de enseñanza diseñada según sus objetivos específicos y se imparte coordinada con las demás, de forma que el alumno avance en la materia de forma progresiva y lógica, habiendo adquirido los conocimientos complementarios necesarios, sin solapes ni saltos en el aprendizaje.

#### Seminarios

De forma periódica se organizan seminarios orientados a ampliar la visión ofrecida en la docencia habitual, a presentar los últimos avances científicos o casos prácticos de interés. Los seminarios los imparten profesores e investigadores de los grupos de investigación que participan en el programa oficial de posgrado, y profesionales o investigadores invitados.

### Criterios de evaluación del MC.XII

Cada unidad docente realizará una evaluación continua del alumno y valorará:

- la realización de pruebas teóricas (30%)
- la evaluación continua de clases prácticas (30%)
- Presentación de la memoria de clases prácticas (30%)
- Participación en las actividades del curso (10%)

La calificación final del módulo se realizará haciendo un promedio de las calificaciones de cada unidad docente, ponderadas según los ECTS asignados.

Los profesores propondrán exámenes específicos en aquellos casos en los que la evaluación continua no sea posible, o su resultado sea escaso.

## **CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS POR UNIDADES DOCENTES**

Los objetivos, contenidos, metodología docente, criterios de evaluación y bibliografía se detallan a continuación por unidades docentes.

### **UD XII.1 Flujos compresibles y sus aplicaciones (3.5 ECTS)**

#### **Objetivos de la UD XII.1**

##### **Competencias específicas**

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Conceptos físicos relevantes en los flujos compresibles, junto con sus expresiones matemáticas.
- Capacidad para discernir qué fenómenos físicos son importantes en distintos tipos de flujos compresibles.
- Naturaleza física y descripción matemática de la propagación del sonido y de las ondas no lineales en gases.
- Diferencias cualitativas entre flujos subsónicos y supersónicos.
- Flujos con ondas de choque.
- Modelos ingenieriles de flujos turbulentos cerca de paredes sólidas.
- Aplicación de estos conocimientos a flujos compresibles alrededor de vehículos, flujos en conductos y toberas, depósitos, turbinas y compresores.

En concreto, el alumno será capaz de:

- Capacidad para simplificar ecuaciones en derivadas parciales complejas teniendo en cuenta sólo los términos más relevantes.
- Técnicas matemáticas para resolver distintos tipos de ecuaciones diferenciales.
- Análisis dimensional.
- Método de las características.
- Técnicas de perturbaciones y asintóticas.
- Capacidad para abordar, simplificar y resolver instalaciones complejas de flujos compresibles.

#### **Contenidos de la UD XII.1**

##### Bloque I. Dinámica de gases

- Tema 1. Introducción a la dinámica de gases
- Tema 2. Ondas en flujos compresibles
- Tema 3. Discontinuidades y ondas de choque
- Tema 4. Flujos de gases en conductos

##### Bloque II. Compresores y turbinas

- Tema 5. Introducción a las máquinas de flujo compresible
- Tema 6. Turbinas axiales
- Tema 7. Turbocompresores axiales
- Tema 8. Turbocompresores centrífugos
- Tema 9. Turbinas radiales
- Tema 10. Compresores volumétricos.

## Métodos docentes de la UD XII.1

Las 30 horas de clases se repartirán en 20 clases de hora y media cada una distribuidas en 10 semanas. Doce de esas clases serán teóricas, donde se expondrán los fundamentos de la dinámica de gases y sus aplicaciones más importantes. Las restantes 8 clases serán prácticas, incluyendo 5 clases de resolución de problemas prácticos y 3 clases de prácticas de laboratorio y/o de exposición de material didáctico audiovisual.

A cada alumno se le asignará 4 conjuntos de problemas para resolver en casa y un trabajo a entregar al final del curso (ver apartado 12). Las cuatro horas de tutoría colectivas se distribuirán después de cada entrega de colección de problemas para que los alumnos planteen sus dudas colectivamente al profesor.

Durante el curso habrá al menos un seminario con la participación de algún experto en flujos compresibles invitado por el programa de postgrado. Se procurará que el tema de la charla sea sobre flujos compresibles y complementemente el contenido del curso, aunque primará la calidad del conferenciante sobre cualquier otra consideración.

## Criterios de evaluación de la UD XII.1

Se hará un seguimiento de los conocimientos adquiridos a través de los trabajos asignados para realizar individualmente por los alumnos y por medio de las clases de tutoría colectivas, en las que se discutirán de forma conjunta las dificultades que los alumnos encuentran en la resolución de los problemas. Los trabajos asignados se entregarán corregidos a los alumnos para que aprendan de sus errores. Habrá también tutorías individualizadas para aquellos alumnos que, por alguna razón, les cueste más seguir la asignatura.

La calificación se hará en función de los problemas entregados. Excepcionalmente, se hará un examen escrito sobre conocimientos a los alumnos que hayan faltado reiteradamente a clase y/o no hayan entregado los problemas. En este último caso, este examen contará un 75% de la calificación total, y el resto se calificará con los problemas que haya entregado.

## Bibliografía de la UD II.1

### Bibliografía básica

- M.H. Aksel y O.C. Erarp, 1994, Gas dynamics (prentice Hall, Nueva York).
- J.D. Anderson, 1990, Modern compressible flow (McGraw-Hill, Nueva York; 2ª edición).
- R. Courant y K.O. Friedrichs, 1976, Supersonic flow and shock waves (Springer-Verlag, Nueva York).
- R. Fernández Feriá, 2001, Mecánica de fluidos (Universidad de Málaga).
- L.D. Landau y E.M. Lifshitz, 1987, Fluid Mechanics (Pergamon Press, Oxford, 2ª edición; existe traducción castellana de la primera edición en Reverté).

### Bibliografía avanzada

- H.W. Liepmann y A. Roshko, 1957, Elements of gas dynamics (John Wiley and Sons, Nueva York).
- J. Lighthill, 1978, Waves in fluids (Cambridge University Press, Cambridge).
- P.A. Thompson, 1972, Compressible gas dynamics (McGraw-Hill, Nueva York).
- A.H. Shapiro, 1953, Compressible fluid flow (Ronald Press, Boston).
- W.G. Vincenty y C.H. Kruger, 1965, Introduction to physical gas dynamics (Wiley, Nueva York).
- Ya.B. Zeldovich and Yu.P. Raizer, 2002, Physics of shock waves and high temperature hydrodynamic phenomena (Dover, Nueva York; reimpresión).

## UDXII.2 Flujos no newtonianos y reología (2.5 ECTS)

### Objetivos de la UD XII.2

#### Competencias específicas

- **Cognitivas (Saber):** Distinguir entre flujos newtonianos y flujos no newtonianos. Capacidad para discernir entre diferentes tipos de flujos no newtonianos. Descripción matemática de estos flujos mediante

ecuaciones reológicas de estado. Aplicación de estos conocimientos a flujos no newtonianos que se presentan alrededor de vehículos, en el flujo en tuberías, bombeo, etc.

- **Procedimentales/Instrumentales (Saber hacer):** Capacidad para formular los tensores de esfuerzo y de velocidad de deformación correspondientes a ensayos específicos. Utilización de las ecuaciones constitutivas y de balance de energía y de momento en la resolución de flujos no newtonianos. Determinación del tipo de ensayo reométrico necesario para detectar las cualidades de cada tipo de flujo no newtoniano. Interpretación de los resultados de un ensayo reométrico.
- **Actitudinales (Ser):** Promover actitud crítica, que le permita asumir que los fluidos “no son” sino que “se comportan como”, dependiendo de las condiciones de flujo. Fomentar la intuición, creatividad e imaginación necesarias para poder enfrentarse y resolver problemas complejos.

## Contenidos de la UD XI.2

### Bloque 1. Flujo y deformación

- Tensores de esfuerzo, de deformación y de velocidad de deformación
- Ecuaciones constitutivas del sólido elástico y del fluido viscoso
- Ecuaciones de balance

### Bloque 2. Flujos no newtonianos independientes del tiempo

- Curvas de flujo
- “Shear-thinning”, “shear-thickening” y comportamiento plástico

### Bloque 3. Flujos no newtonianos dependientes del tiempo

- Ensayos de “creep” y relajación de esfuerzo
- Cizalla oscilante. Barridos de amplitud. Barridos de frecuencia.
- Saltos oscilantes.
- Viscoelasticidad
- Tixotropía

## Métodos docentes de la UD XII.2

Las horas de clase se repartirán en 20 clases de 1 hora cada una, distribuidas en 10 semanas. 14 de esas clases serán teóricas, donde se expondrán los fundamentos de los flujos no newtonianos, tipos y caracterización experimental. Las otras 6 clases estarán destinadas a la resolución de problemas (2) y la realización de prácticas de laboratorio (4).

Se entregarán al alumno 2 conjuntos de problemas para resolver en casa. Además deberán realizar un trabajo que entregarán al final del curso. Las horas de tutorías colectivas se dedicarán a la resolución de dudas relacionadas con los problemas propuestos a los alumnos.

Durante el curso se realizará un seminario con la participación de algún experto en un tema específico de Reología, invitado por el programa de posgrado.

## Criterios de evaluación de la UD XI.2

Se hará una evaluación continua, calificando tanto los trabajos asignados a los alumnos durante el curso, como el trabajo final que deberán presentar individualmente.

Excepcionalmente se realizará un examen oral a los alumnos que hayan faltado reiteradamente a clase y/o no hayan entregado los problemas propuestos.

## Bibliografía de la UD XII.2

### Bibliografía básica

- Barnes, H.A., Hutton, J.F., Walters, K., An Introduction to Rheology, Elsevier, Amsterdam, 1996.
- Larson, R.G., The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford University Press, New York, 1999.

### **Bibliografía avanzada**

- Macosko, Ch.W., Rheology: Principles, Measurements and Applications, VCH, Nueva York, 1994.
- Mezger, T.G., The Handbook of Rheology, Vincentz Verlag, Hannover, 2002.
- Tanner, R.I., Engineering Rheology, Oxford University Press, Nueva York, 2000