



## DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

<b>Grado/Máster en:</b>	Master Universitario en HIDRÁULICA AMBIENTAL por la Universidad de Málaga
<b>Centro:</b>	Escuela de Ingenierías Industriales
<b>Asignatura:</b>	MOVIMIENTO FLUIDO ALREDEDOR DE VEHÍCULOS
<b>Código:</b>	111
<b>Tipo:</b>	Optativa
<b>Materia:</b>	MOVIMIENTO FLUIDO ALREDEDOR DE VEHÍCULOS
<b>Módulo:</b>	ESPECÍFICO
<b>Experimentalidad:</b>	Teórica
<b>Idioma en el que se imparte:</b>	Español
<b>Curso:</b>	1
<b>Semestre:</b>	2
<b>Nº Créditos:</b>	6
<b>Nº Horas de dedicación del</b>	150
<b>Tamaño del Grupo Grande:</b>	0
<b>Tamaño del Grupo Reducido:</b>	0
<b>Página web de la asignatura:</b>	<a href="http://mop.cv.uma.es">http://mop.cv.uma.es</a>

## EQUIPO DOCENTE

<b>Departamento:</b>	INGENIERÍA MECÁNICA, TÉRMICA Y DE FLUIDOS
<b>Área:</b>	MECÁNICA DE FLUIDOS

Nombre y Apellidos	Mail	Teléfono Laboral	Despacho	Horario Tutorías
Coordinador/a: JOAQUIN ORTEGA CASANOVA	jortega@uma.es	951952382	2.105.D - E. INGENIERÍAS	Todo el curso: Viernes 09:00 - 13:00, Martes 17:00 - 19:00
RAMON FERNANDEZ FERIA	ramon.fernandez@um951952380 a.es	951952380	2.104.D - E. INGENIERÍAS	Primer cuatrimestre: Lunes 16:30 - 18:30, Martes 17:00 - 19:00, Miércoles 11:00 - 13:00 Segundo cuatrimestre: Martes 16:30 - 18:30, Miércoles 11:00 - 13:00, Lunes 17:00 - 19:00

## RECOMENDACIONES Y ORIENTACIONES

En esta asignatura se abordan, tanto de modo teórico/analítico como numérico, problemas fluidomecánicos, concretamente estudios aero/hidro-dinámicos de vehículos, por lo que sería más fácil para el alumno haber cursado previamente, durante su formación de grado, alguna asignatura básica de mecánica de fluidos, pues a lo largo de ella se hace uso de conceptos que, normalmente, en ella se presentan. No obstante, los alumnos del máster habrán cursado en el primer semestre del mismo un módulo de conocimiento llamado "Dinámica de Flujos Biogeoquímicos", en el que se imparten conocimientos relacionados con Mecánica de Fluidos, que serán suficientes para afrontar sin problemas los conocimientos específicos que se impartirán durante el desarrollo de esta asignatura de análisis del movimiento alrededor de vehículos..

## CONTEXTO

La especialidad en la que se emarca esta asignatura se llama "Aero-hidrodinámica de vehículos", por lo que es esencial que el alumno tenga conocimientos básicos y fundamentales acerca de aerodinámica, así como las mínimas nociones para poder estimar las fuerzas de sustentación y de resistencia que aparecen sobre un cuerpo/vehículo que se mueve en el seno de un fluido.

Será, por tanto, en esta asignatura de la especialidad en la que se presentan métodos y técnicas, tanto teóricas/analíticas como numéricas, para estudiar la aero-hidrodinámica del movimiento fluido alrededor de un cuerpo/vehículo. Dichas herramientas serán complementarias a las que se verán en otra asignatura de la especialidad, como las presentadas en la asignatura "Técnicas Experimentales de Medida y Ensayo Aplicadas a las Aero-Hidrodinámica de Vehículos". En esta asignatura, como su nombre indica, se presentarán herramientas experimentales para el conocimiento de la aerodinámica de un cuerpo, vía complementaria a las otras dos, teórico-analítica y numérica, para abordar el estudio aero-hidrodinámico de un cuerpo/vehículo.

## COMPETENCIAS

### 1 Competencias generales y básicas.

- 1.1 CB6 - 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
- 1.2 CB7 - 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
- 1.3 CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse frente 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
- 1.4 CB9 - 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

- 1.5 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
- 1.6 CG1 - Adquirir habilidades y destrezas generales basadas en el método científico que le permitan adquirir y desarrollar aquellas otras específicas de su conocimiento y ámbito de trabajo.
- 1.7 CG2 - Capacidad para la abstracción, resolución de problemas y toma de decisiones, análisis e interpretación, trabajo autónomo, trabajo interdisciplinar y en grupo y comunicación escrita y oral.
- 1.8 CG3 - Conocimiento sólido de los fundamentos físico-matemáticos de la Hidráulica Ambiental y capacidad de aplicación en la práctica profesional y/o investigadora.
- 1.9 CG4 - Formación integral y desarrollo de capacidades para el modelado tanto analítico y numérico como experimental de los fenómenos y procesos presentes en la Hidráulica Ambiental.
- 1.10 CG5 - Capacidad para la gestión integral e integrada de los recursos naturales y socio-económicos.
- 1.11 CG6 - Capacidad para expresarse de forma oral y escrita en lengua inglesa en el ámbito técnico de la Hidráulica Ambiental.
- 1.12 CG7 - Capacidad para la realización de un trabajo de investigación en el ámbito de la Hidráulica Ambiental.

## 2 Competencias específicas.

- 2.9 CE9 - Adquirir los conocimientos y técnicas necesarios para entender, modelar y simular numéricamente el movimiento de un fluido alrededor de un vehículo en los diferentes regímenes, así como para calcular las fuerzas sobre el vehículo.

## 3 Competencias transversales.

- 3.1 CT1 - Capacidades interpersonales relacionadas con la capacidad de trabajo en equipo, incluyendo la toma de decisiones. Habilidades en las relaciones interpersonales y para presentar trabajos.
- 3.2 CT2 - Capacidades multidisciplinares relacionadas con la capacidad de asimilación y comunicación de conocimientos de distintas disciplinas, así como la integración en equipos de trabajos multidisciplinares.
- 3.3 CT3 - Capacidad de analizar y sintetizar información procedente de diversas fuentes, así como integrar ideas, conocimientos y metodologías.
- 3.4 CT4 - Adquirir los conocimientos y formación necesarios para que el egresado pueda intensificar su formación y desarrollar investigación desarrollo tecnológico e innovación en ámbitos específicos de las distintas especialidades.

## CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

### Parte I: Aerodinámica

Lección 1: Fuerzas aerodinámicas. Repaso de las ecuaciones de los movimientos de fluidos ideales. Números de Mach y de Reynolds.

Lección 2: Movimiento irrotacional, bidimensional e incompresible.

Lección 3: Movimiento irrotacional axilsimétrico.

Lección 4. Teoría de capa límite. Resistencia aerodinámica.

Lección 5: Teoría de perfiles aerodinámicos bidimensionales. Fuerza de sustentación.

Lección 6: Alas de envergadura finita. Resistencia inducida

Lección 7: Discontinuidades fluidas y ondas de choque.

Lección 8: Flujos supersónicos sobre perfiles aerodinámicos.

### Parte II: Simulación numérica del flujo alrededor de vehículos

Lección 1: Introducción a la Mecánica de Fluidos Computacional.

Lección 2: Introducción al diseño de geometrías..

Lección 3: Discretización de geometrías y su utilización al flujo alrededor de vehículos.

Lección 4: Introducción a ANSYS-Fluent.

Lección 5: Representación de la información con ANSYS-Fluent. Aplicación al cálculo de fuerzas fluidodinámicas sobre un vehículo.

## ACTIVIDADES FORMATIVAS

### Actividades presenciales

#### Actividades expositivas

Lección magistral

#### Actividades prácticas en aula docente

Resolución de problemas

#### Actividades prácticas en instalaciones específicas

Prácticas en aula informática



## Actividades no presenciales

### Actividades de elaboración de documentos

Elaboración de memorias

### Actividades prácticas

Resolución de problemas

### Estudio personal

Estudio personal

## ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

### Actividades de evaluación no presenciales

#### Actividades de evaluación de la asignatura con participación alumnos

Informe del estudiante

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE / CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Tras el paso del alumno por la asignatura, este será capaz abordar el estudio del movimiento de fluido alrededor de un cuerpo/vehículo identificando, en primer lugar, el tipo de movimiento que se espera que tenga lugar, así como ser capaz de abordar la resolución del problema tanto desde un punto de vista teórico como numérico, teniendo en mente el objetivo final del estudio que será conocer el comportamiento aero-hidrodinámico del cuerpo, así como las fuerzas que el fluido ejerce sobre el mismo. Más detalladamente, los resultados del aprendizaje se pueden enumerar como:

- Conocer los conceptos físicos relevantes en la aerodinámica, junto con sus expresiones matemáticas;
- Conocer y entender las ecuaciones que gobiernan el flujo de un fluido alrededor de vehículos;
- Saber discernir qué fenómenos físicos son importantes en cada tipo de flujo en función de los valores de los parámetros adimensionales;
- Conocer las diferencias cualitativas entre flujos subsónicos y supersónicos;
- Saber aplicar estos conocimientos a los flujos alrededor de vehículos y, en particular, saber calcular las fuerzas aerodinámicas de resistencia y de sustentación sobre perfiles tanto en flujo incompresible como compresible;
- Saber estimar de forma simple y rápida la fuerza de resistencia y la fuerza de sustentación sobre cualquier tipo de vehículo en los distintos regímenes de flujo;
- Conocer las herramientas básicas para el modelado de volúmenes fluidos y elementos sólidos inmersos en él;
- Conocer las diferentes técnicas de discretización de un volumen fluido, así como saber evaluar la calidad del mallado generado;
- Conocer los modelos numéricos existentes para modelar el movimiento de un fluido según el régimen del flujo;
- Reconocer las condiciones de contorno de un determinado estudio y saber cómo implementarlas;
- Elegir los métodos numéricos adecuados para la discretización de las ecuaciones que gobiernan el movimiento;
- Calcular numéricamente la fuerza que el fluido ejerce sobre un objeto; y
- Visualizar y presentar cualquier otro tipo de magnitud fluidodinámica.

Para ello, la asignatura se divide en dos partes: una teórica/analítica (Parte I) y otra numérica (Parte II), dedicada cada una de ellas a que el alumno adquiera los conocimientos y competencias específicas que le permitan abordar el estudio del flujo alrededor de un cuerpo desde ambos puntos de vista.

Las capacidades adquiridas a lo largo del desarrollo del curso, el alumno las plasmará en dos informes que elaborará de cada una de las partes y en el que presentará y discutirá los resultados de los diferentes problemas planteados relacionado con el flujo alrededor de un cuerpo, y que servirá finalmente para evaluarle su paso por la asignatura y el nivel alcanzado de las diferentes competencias de la misma.

## PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

La evaluación de las competencias adquiridas por el alumno a lo largo del curso, se llevará a cabo mediante la realización por su parte de un informe presentando y discutiendo los resultados obtenidos tras resolver los problemas que a lo largo del curso se le planteen, siempre relacionados con el flujo alrededor de un cuerpo/vehículo.

Para la evaluación de la primera parte el estudiante resolverá de forma individual diversos problemas de aplicación directa de los temas de aerodinámica tratados en ella.

Aspectos que pueden tener una valoración especial en la evaluación de la segunda parte pueden ser, entre otros, la dificultad de la geometría estudiada, el uso de diferentes modelos para obtener la solución, la presentación y discusión de resultados, y las conclusiones/recomendaciones obtenidas del estudio.

Para la evaluación continua podrá tenerse en cuenta también la asistencia a clase.

Excepcionalmente se hará un examen escrito sobre los conocimientos a los alumnos que hayan faltado reiteradamente a clase y/o no hayan entregado los informes obligatorios. En este último caso, el examen contará un 90% de la calificación total, y el resto se calificará con el material que haya entregado.

El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre (BOE 18 de septiembre), por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional.

Sistema de calificaciones:

0.0-4.9: Suspenso.



5.0-6.9: Aprobado.  
7.0-8.9: Notable.  
9.0-10.0: Sobresaliente.

La mención de Matrícula de Honor se podrá otorgar a los estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0. Su número no podrá exceder en 5% de los alumnos matriculados en una materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de alumnos matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso solo se podrá conceder una sola Matrícula de Honor.

Todo ello sin perjuicio de que exista una normativa general sobre evaluación aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Málaga. La calificación en las convocatorias extraordinarias se regirá por la normativa establecida en los Estatutos de la Universidad de Málaga. Aquellos alumnos con la condición de estudiantes a tiempo parcial, o deportistas de alto nivel, podrán solicitar, durante el periodo lectivo, la realización de aquellos trabajos académicos presenciales que no hayan podido realizar con el resto de la clase. Estos trabajos se realizarán en una nueva fecha indicada por el profesor, que tendrá en cuenta los horarios del estudiante.

## BIBLIOGRAFÍA Y OTROS RECURSOS

### Básica

Aerodinámica básica; J. Meseguer Ruiz y A. Sanz Andrés; Ibergarceta, 2011, Madrid, 2ª edición.  
Aerodynamics for engineering students; E.L. Houghton, P.W. Carpenter, S.H. Collicott y D.T. Vanlentine; Elsevier, 2013, Oxford.  
Computation fluid mechanics and heat transfer; D.A. Anderson, J.C. Tannehill y R.H. Pletcher; Taylor & Francis; 1997  
Computational Fluid Dynamics.; T.J. Chung; Cambridge University Press  
Computational fluids dynamics. The Basics with applications; J.D. Anderson, JR.; Springer; 1992  
Computational methods for fluids dynamics; J.H. Ferziger y M. Peric; Springer; 2002  
Computational techniques for fluid dynamics, volúmenes I y II. Dispone también de un tercer volumen con soluciones a los problemas planteados, compilado por K. Srinivas y C.A.J. Fletcher.; C.A.J. Fletcher; Springer; 2003  
Elements of gas dynamics; H.W. Liepmann y A. Roshko; Wiley, 1957, Nueva York.  
Fluid mechanics; P.K. Kundu y I.M. Cohen; Elsevier 2008, 4ª edición Amsterdam.  
Fundamentals of computational fluids dynamics; P.J. Roache; Hermosa publishers; 1998  
Fundamentals of aerodynamics; Anderson, J.D.; McGraw-Hill, 2006, 4ª edición Nueva York.  
Fundamentals of computational fluid dynamics.; H. Lomax, T.H. Pulliam y D.W. Zingg; Springer-Verlag; 2001  
Low-speed aerodynamics; J. Katz y A. Plotkin; Cambridge University Press, 2001, Cambridge, 2ª edición.  
Mecánica de fluidos; R. Fernandez Feria; Universidad de Málaga 2005, 2ª edición, Málaga.  
Modern Compressible flow; J.D. Anderson; McGraw-Hill, 1990, 2ª edición Nueva York.  
Potential flows; R.H. Kirchhoff; Marcel Dekker, 1985, Nueva York.  
Spectral methods in fluid dynamics; C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni y T.A. Zang; Springer, cop; 2006  
Theoretical aerodynamics; J.M. Milne-Thomson; Dover, 1973, Nueva York.  
Theory of wing sections; I.H. Abbott y A.A. von Dvenhoff; Dover, 1959, Nueva York.

### Complementaria

ANSYS® Academic Research, Release 15.0, Help System, Fluent, ANSYS, Inc  
Fluent 6.1, Getting Started; Fluent Incorporated; 2003  
Gambit 2.2, Getting started; Fluent Incorporated; 2004

## DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE

### ACTIVIDAD FORMATIVA PRESENCIAL

Descripción	Horas	Grupo grande	Grupos reducidos
Resolución de problemas	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prácticas en aula informática	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lección magistral	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>TOTAL HORAS ACTIVIDAD FORMATIVA PRESENCIAL</b>	<b>45</b>		

### ACTIVIDAD FORMATIVA NO PRESENCIAL

Descripción	Horas
Resolución de problemas	30
Estudio personal	50
Elaboración de memorias	10



---

<b>TOTAL HORAS ACTIVIDAD FORMATIVA NO PRESENCIAL</b>	<b>90</b>
------------------------------------------------------	-----------

<b>TOTAL HORAS ACTIVIDAD EVALUACIÓN</b>	<b>15</b>
-----------------------------------------	-----------

<b>TOTAL HORAS DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE</b>	<b>150</b>
----------------------------------------------	------------

## ADAPTACIÓN A MODO VIRTUAL POR COVID19

### 1. Actividades formativas:

#### a. Módulo de Aerodinámica:

Con todo el material sobre el contenido de las clases en el campus virtual, se han sustituido las clases presenciales por videoconferencias en el horario de las clases, donde se comentan y resuelven interactivamente todas las dudas sobre el tema del día que los alumnos han leído previamente.

#### b. Módulo de Simulación Numérica del Flujo Alrededor de Vehículos:

Se han dejado de dar las clases presenciales en el aula de informática como estaba planificado y se han grabado las mismas en vídeos que se han puesto a disposición de los estudiantes de modo permanente en el Drive para que lo consulten tantas veces como quieran.

### 2. Procedimientos de evaluación:

#### a. Módulo de Aerodinámica:

La evaluación continua en base a ejercicios para realizar en casa por los alumnos sobre los diferentes temas no se ha modificado en relación a la guía docente original.

#### b. Módulo de Simulación Numérica del Flujo Alrededor de Vehículos:

La evaluación de este módulo estaba prevista mediante la elaboración por parte de los estudiantes de unas memorias de las prácticas llevadas a cabo en clase y que ahora han de realizar a partir de la visualización de los vídeos que se han puesto a su disposición.

### 3. Contenidos:

#### a. Módulo de Aerodinámica:

Se han mantenido los mismos contenidos previstos en la guía docente inicial del curso. Todo el material sobre el contenido de las clases está a disposición de los alumnos en el campus virtual, habiéndose añadido más detalles sobre los temas de la parte última no presencial.

#### b. Módulo de Simulación Numérica del Flujo Alrededor de Vehículos:

Los contenidos se han mantenido idénticos a los establecidos en la guía docente.

### 4. Tutorías:

#### a. Módulo de Aerodinámica:

Tutorías individuales sin horario prefijado a través del correo electrónico (siempre disponibles hasta el final del curso, no necesariamente en el horario de tutorías) y tutorías grupales por videoconferencias en el horario de la clase.

#### b. Módulo de Simulación Numérica del Flujo Alrededor de Vehículos:

Las tutorías presenciales se han sustituido por consultas a través de correo electrónico e intercambio de ficheros asociados al software informático usado en el módulo. Dichos ficheros contienen el trabajo desarrollado por los alumnos y tras su revisión e identificación de la duda que el estudiante plantea, se le comenta y aclara por correo electrónico las dudas planteadas y como resolverla.