

## PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2019-2020

Identificación y características de la asignatura																																																																																																																	
Código	401918	Créditos ECTS	6																																																																																																														
Denominación (español)	Dinámica de Fluidos Computacional Aplicada																																																																																																																
Denominación (inglés)	Applied Computational Fluid Dynamics																																																																																																																
Titulaciones	Máster en Simulación en Ciencias e Ingeniería																																																																																																																
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales																																																																																																																
Semestre	2	Carácter	Optativa																																																																																																														
Módulo	Optativas																																																																																																																
Materia	Simulación en Ingeniería																																																																																																																
Profesor/es																																																																																																																	
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web																																																																																																														
José María Montanero Fernández	D0.6	jmm@unex.es	<a href="http://www.mfluidosunex.es/">http://www.mfluidosunex.es/</a>																																																																																																														
Rafael Agujetas Ortiz	Túnel de Viento (D5)	rao@unex.es	<a href="http://www.mfluidosunex.es/">http://www.mfluidosunex.es/</a>																																																																																																														
Área de conocimiento	Mecánica de Fluidos																																																																																																																
Departamento	Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales																																																																																																																
Profesor coordinador (si hay más de uno)	José María Montanero Fernández																																																																																																																
Competencias (ver tabla en <a href="https://goo.gl/BJxjVH">https://goo.gl/BJxjVH</a> )																																																																																																																	
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Competencias Básicas</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcar con una "X"</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Competencias Generales</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcar con una "X"</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Competencias Transversales</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcar con una "X"</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Competencias Específicas</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcar con una "X"</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Competencias Específicas Optativas</th> <th style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Marcar con una "X"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>CB6</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CG1</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT1</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE1</td><td></td><td>CEO1</td><td></td></tr> <tr><td>CB7</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CG2</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT2</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE2</td><td></td><td>CEO2</td><td></td></tr> <tr><td>CB8</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CG3</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT3</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE3</td><td></td><td>CEO3</td><td></td></tr> <tr><td>CB9</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CG4</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT4</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE4</td><td></td><td>CEO4</td><td style="text-align: center;">x</td></tr> <tr><td>CB10</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CG5</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT5</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE5</td><td></td><td>CEO5</td><td style="text-align: center;">x</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>CG6</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT6</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE6</td><td></td><td>CEO6</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>CG7</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CT7</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE7</td><td></td><td>CEO7</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>CT8</td><td style="text-align: center;">x</td><td>CE8</td><td></td><td>CEO8</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>CT9</td><td style="text-align: center;">x</td><td></td><td></td><td>CEO9</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>CT10</td><td style="text-align: center;">x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas	Marcar con una "X"	Competencias Específicas Optativas	Marcar con una "X"	CB6	x	CG1	x	CT1	x	CE1		CEO1		CB7	x	CG2	x	CT2	x	CE2		CEO2		CB8	x	CG3	x	CT3	x	CE3		CEO3		CB9	x	CG4	x	CT4	x	CE4		CEO4	x	CB10	x	CG5	x	CT5	x	CE5		CEO5	x			CG6	x	CT6	x	CE6		CEO6				CG7	x	CT7	x	CE7		CEO7						CT8	x	CE8		CEO8						CT9	x			CEO9						CT10	x				
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas	Marcar con una "X"	Competencias Específicas Optativas	Marcar con una "X"																																																																																																								
CB6	x	CG1	x	CT1	x	CE1		CEO1																																																																																																									
CB7	x	CG2	x	CT2	x	CE2		CEO2																																																																																																									
CB8	x	CG3	x	CT3	x	CE3		CEO3																																																																																																									
CB9	x	CG4	x	CT4	x	CE4		CEO4	x																																																																																																								
CB10	x	CG5	x	CT5	x	CE5		CEO5	x																																																																																																								
		CG6	x	CT6	x	CE6		CEO6																																																																																																									
		CG7	x	CT7	x	CE7		CEO7																																																																																																									
				CT8	x	CE8		CEO8																																																																																																									
				CT9	x			CEO9																																																																																																									
				CT10	x																																																																																																												
Contenidos																																																																																																																	
Breve descripción del contenido																																																																																																																	
<p>Dinámica de Fluidos Computacional Aplicada. Dinámica de fluidos en el régimen incompresible y compresible (ecuaciones hidrodinámicas, condiciones de contorno, modelos de turbulencia, etc.). El método de los volúmenes finitos (generación de mallas, discretización espacial y temporal, linealización, etc.). Aplicaciones en el ámbito de la ingeniería industrial (resolución de ejemplos mediante programas comerciales).</p>																																																																																																																	

### Temario de la asignatura

<p><b>Denominación del tema 1:</b> Ecuaciones de Navier-Stokes  <b>Contenidos del tema 1:</b> Concepto de fluido, cinemática, ecuaciones para un sistema fluido, ecuaciones para un volumen de control, ecuaciones de Navier-Stokes, el problema fluido-dinámico.</p>
<p><b>Denominación del tema 2:</b> Turbulencia y su modelado  <b>Contenidos del tema 2:</b> flujos laminar y turbulento, torbellinos turbulentos, aproximaciones para describir la turbulencia, aproximación de Reynolds.</p>
<p><b>Denominación del tema 3:</b> Flujo cerca de la pared y condiciones de contorno  <b>Contenidos del tema 3:</b> Capa límite, desprendimiento de la capa límite, condiciones, condiciones de contorno.</p>
<p><b>Denominación del tema 4:</b> El método numérico: La malla  <b>Contenidos del tema 4:</b> Introducción, tipos de malla, calidad de la malla, mallado cerca de una pared sólida.  <b>Prácticas en sala de ordenadores del tema 4:</b> Generación de mallas. Se generarán mallas de distinto tipo válidas para la simulación de problemas 2D y 3D, en régimen laminar, turbulento y de transición.</p>
<p><b>Denominación del tema 5:</b> El método numérico: El solver  <b>Contenidos del tema 5:</b> Introducción, formulación de las ecuaciones en forma integral, discretización de las ecuaciones en su forma integral, discretización espacial, discretización temporal, linealización, resolución del sistema linealizado, inicialización y convergencia.  <b>Prácticas en sala de ordenadores del tema 5:</b> Resolución de problemas fluidodinámicos. Se resolverán mediante simulación numérica los problemas planteados en las prácticas del tema 4. Se analizarán y discutirán los resultados</p>

### Actividades formativas

Horas de trabajo del alumno por tema		Horas teóricas	Actividades Prácticas				Actividad seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	PCH	LAB	ORD	SEM	TP	EP
1	10	3						7
2	28	7						21
3	32	5			15			12
4	32	7						25
5	46	6			15			25
<b>Evaluación</b>	2	2						
<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>30</b>			<b>30</b>			<b>90</b>

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).  
PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)  
LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)  
ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)  
SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).  
TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).  
EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

### Metodologías docentes

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Clase magistral. Exposición de contenidos por parte del profesor.	x
2. Sesiones de trabajo utilizando metodología del caso.	x
3. Sesiones de trabajo en el aula para la resolución de ejercicios.	x
4. Desarrollo de prácticas en espacios con equipamiento especializado (laboratorios, aulas de informática, trabajo de campo).	x

5. Visitas técnicas a instalaciones.	x
6. Desarrollo, redacción y análisis, individualmente o en grupo, de trabajos, memorias, ejercicios, problemas, y estudios de caso, sobre contenidos y técnicas, teóricos y prácticos, relacionados con la materia.	x
7. Pruebas, exámenes, defensas de trabajos, prácticas, etc. Pudiendo ser orales o escritas e individuales o en grupo.	x
8. Estudio del alumno. Preparación y análisis individual de textos, casos, problemas, etc.	x
9. Desarrollo de habilidades comunicativas (orales, escritas, multimedia).	x
10. Aprendizaje fuera del aula, basado en la vinculación entre formación académica y experiencias empresariales o profesionales.	x
11. Aprendizaje supervisado y tutelado por el profesor para, a través de la interacción individual entre alumno y tutor, detectar posibles problemas del proceso formativo, conocer los resultados del aprendizaje fuera del escenario del aula y programar los procesos de trabajo del alumno en actividades no presenciales como memorias, trabajo fin de master, preparación de la defensa del mismo, etc.	x

### Resultados de aprendizaje

Entender y ser capaz de simular el comportamiento dinámico de fluidos. Ser capaz de utilizar programas comerciales para la simulación de dinámica de fluidos.

### Sistemas de evaluación

#### Criterios de evaluación

Se valorará por orden de importancia:

CE1 Comprensión de los conceptos fundamentales de la asignatura. Relacionado con las competencias CB6-CB8, CB10, CG1-CG7, CT1, CT2 y CT10.

CE2 Capacidad para realizar simulaciones de sistemas fluidomecánicos. Relacionado con las competencias CT7, CE04 y CE05.

CE3 La metodología empleada en la resolución de problemas y cuestiones de tipo práctico. Relacionado con las competencias CB10, CG1-CG3, CT4-CT6, CE32-CE39.

CE4. Dominio de herramientas informáticas relacionadas con la materia. Relacionado con las competencias CT5, CE04 y CE05.

CE5. Capacidad para comunicar y transmitir los conocimientos en un lenguaje técnico apropiado, oral y escrito, dentro del campo de la investigación en ingeniería de mecánica y mecánica de fluidos. Relacionado con las competencias CB9, CT3, CT8 y CT9.

### Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes ponderaciones (en %):

	<b>Rango establecido en la memoria verificada</b>	<b>Convocatoria ordinaria</b>	<b>Convocatoria extraordinaria</b>	<b>Evaluación global</b>
1. Exámenes (Examen final y/o Exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios).	40%–70% <sup>(1)</sup> 0%–40% <sup>(2)</sup> 0% <sup>(3)</sup>	30%	30%	30%
2. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo.	0%–40% <sup>(1)</sup> 40%–80% <sup>(2)</sup> 0% <sup>(3)</sup>	70%	70%	70%
3. Asistencia y aprovechamiento en las clases, prácticas y otras actividades presenciales.	0%–20% <sup>(1,2)</sup> 0%–20% <sup>(2)</sup> 0% <sup>(3)</sup>	0%	0%	---
4. Presentación y defensa de trabajos y memorias propuestos.	0% <sup>(1)</sup> 0% <sup>(2)</sup> 100% <sup>(3)</sup>	0%	0%	0%

<sup>(1)</sup> Asignaturas de la materia *Fundamentos matemáticos (Métodos numéricos, Ecuaciones diferenciales y Tratamiento estadístico de datos)*.

<sup>(2)</sup> Resto de asignaturas.

<sup>(3)</sup> Trabajo fin de máster.

### Descripción de las actividades de evaluación

La evaluación se realizará mediante las siguientes actividades:

- A1. Examen final (EF) en las convocatorias ordinarias y extraordinarias. Constará de una prueba objetiva de 10 ítems de 4 respuestas múltiples. La prueba será calificada con una nota entre 0 y 10. Se penalizarán los errores de acuerdo a la proporción "3 respuestas erróneas restan 1 correcta". Esta actividad es recuperable.
- A2. Realización de 5 ejercicios de simulación (ES) y memoria de los resultados obtenidos. La prueba será calificada con una nota entre 0 y 10. Cada ejercicio correctamente resuelto contribuirá con 2 puntos a la calificación. Esta actividad es recuperable.
- A3. Realización de un proyecto de simulación (PS) en grupos de 3 alumnos. La realización del proyecto será calificada con una nota entre 0 y 10. Esta actividad es recuperable.

$$C=0.3 \text{ EF}+0.3 \text{ ES}+0.4 \text{ PS}$$

La evaluación global tendrá lugar el mismo día asignado al examen final de cada convocatoria por la Subdirección de Ordenación Académica de la E.II.II. Constará de las siguientes pruebas:

- A1. Examen final (EF) en las convocatorias ordinarias y extraordinarias. Constará de una prueba objetiva de 10 ítems de 4 respuestas múltiples. La prueba será calificada con una nota entre 0 y 10. Se penalizarán los errores de acuerdo a la proporción "3 respuestas erróneas restan 1 correcta". Esta actividad es recuperable.
- A4. Realización de 5 ejercicios de simulación (ES) y memoria de los resultados obtenidos. La prueba será calificada con una nota entre 0 y 10. Cada ejercicio correctamente resuelto contribuirá con 2 puntos a la calificación. Esta actividad es recuperable.
- A5. Realización de un proyecto de simulación (PS) en grupos de 3 alumnos. La realización del proyecto será calificada con una nota entre 0 y 10. Esta actividad es recuperable.

$$C=0.3 \text{ EF}+0.3 \text{ ES}+0.4 \text{ PS}$$

## Bibliografía (básica y complementaria)

### Bibliografía Básica

- MONTANERO, J. M. *"Apuntes editados por el profesor"*, 2017.
- ANSYS. Ansys Fluent 12.0. User's Guide. USA: Ansys; 2009.

### Bibliografía Complementaria

- WILCOX, D. *"Turbulence Modelling CFD"*. D C W Industries, 2006.
- VERSTEEG H. AND MALALASEKERA W., *"An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method"*. Pearson, Prentice Hall, 2007.

## Otros recursos y materiales docentes complementarios

### Páginas web

<http://eii.unex.es/profesores/mfluidos>

<http://campusvirtual.unex.es>

<http://www.ansys.com/Products/Fluids/ANSYS-Fluent>