

## PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2020/2021

Identificación y características de la asignatura											
Código	400803		Créditos ECTS						6		
Denominación (español)	Iniciación a la Investigación en Ingeniería Mecánica y Fluidomecánica										
Denominación (inglés)	Introduction to Research on Mechanical Engineering and Fluid Mechanics										
Titulaciones	Máster Universitario en Investigación en Ingeniería y Arquitectura										
Centro	Escuela de Ingenierías industriales										
Semestre	2	Carácter	Optativa								
Módulo	Específico: Especialidad en Ingenierías Industriales										
Materia	Iniciación a la Investigación en Ingeniería Mecánica y Fluidomecánica										
Profesor/es											
Nombre	Despacho	Correo-e						Página web			
José María Montanero Fernández	D0.6	<a href="mailto:jmm@unex.es">jmm@unex.es</a>									
Francisco Javier Alonso Sánchez	D0.1	<a href="mailto:fjas@unex.es">fjas@unex.es</a>									
Conrado Ferrera Llera	D0.7	<a href="mailto:cfl@unex.es">cfl@unex.es</a>									
Área de conocimiento	Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos										
Departamento	Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales										
Profesor coordinador (si hay más de uno)	Francisco Javier Alonso Sánchez										
Competencias* (ver tabla en <a href="http://bit.ly/competenciasMUIIyA">http://bit.ly/competenciasMUIIyA</a> )											
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas (I)	Marcar con una "X"	Competencias Específicas (II)	Marcar con una "X"	Competencias Específicas (III)	Marcar con una "X"
CB6	X	CG1	X	CT1	X	CE1		CE12		CE32	X
CB7	X	CG2	X	CT2	X	CE2		CE13		CE33	X
CB8	X	CG3	X	CT3	X	CE3		CE14		CE34	X
CB9	X	CG4		CT4	X	CE4		CE24		CE35	X
CB10	X	CG5		CT5	X	CE5		CE25		CE36	X
		CG6	X	CT6	X	CE6		CE26		CE37	X
		CG7		CT7	X	CE7		CE27		CE38	X
		CG8		CT8	X	CE8		CE28		CE39	X
				CT9	X	CE9		CE29		CE40	
				CT10	X	CE10		CE30			

\*Los apartados relativos a competencias, breve descripción del contenido, actividades formativas, metodologías docentes, resultados de aprendizaje y sistemas de evaluación deben ajustarse a lo recogido en la memoria verificada del título.

	CT11	X	CE11		CE31		
<b>Contenidos</b>							
Breve descripción del contenido*							
Análisis cinemático y dinámico de sistemas mecánicos; Introducción a la Biomecánica. Aplicaciones; Simulación de sistemas biomecánicos; Ingeniería de rehabilitación-I; Ingeniería de rehabilitación-II; Herramientas de simulación de sistemas mecánicos: SOLIDWORKS; Dinámica de fluidos computacional (CFD); Flujo alrededor de un cuerpo bidimensional; Flujo alrededor de un cuerpo tridimensional							
Temario de la asignatura							
Denominación del tema 1: <b>Análisis cinemático y dinámico de sistemas mecánicos</b>							
<u>Contenidos del tema 1:</u> 1.1. Mecanismos y Máquinas. Tipos de movimiento. 1.2. Análisis y síntesis de mecanismos. 1.3. Análisis cinemático de mecanismos 1.3.1. Análisis de velocidades y aceleraciones por métodos analíticos. 1.4. Análisis dinámico de mecanismos 1.4.1. Análisis Matricial. 1.4.2. Equilibrio Dinámico. 1.4.3. Método de las Potencias Virtuales.							
Denominación del tema 2: <b>Introducción a la Biomecánica. Aplicaciones.</b>							
<u>Contenidos del tema 2:</u> 2.1. Introducción. 2.2. Técnicas de adquisición y proceso de datos en Biomecánica. 2.3. Análisis cinemático de sistemas biomecánicos. 2.4. Análisis dinámico y energético de sistemas biomecánicos. 2.5. Aplicaciones médicas, deportivas, ergonómicas e ingeniería de rehabilitación.							
Denominación del tema 3: <b>Simulación de sistemas biomecánicos</b>							
<u>Contenidos del tema 3:</u> 3.1. Modelos multicuerpo. 3.2. Modelado muscular y articular. 3.3. Análisis Dinámico Inverso. 3.4. Análisis Dinámico Directo. 3.5. Optimización estática y dinámica 3.6. Aplicación al análisis de la marcha humana. 3.7. Simulación de sistemas músculo-esqueléticos mediante OpenSim.							
Denominación del tema 4: <b>Ingeniería de rehabilitación-I</b>							
<u>Contenidos del tema 4:</u> 4.1. Introducción. 4.2. Prótesis y ortesis pasivas de miembro superior. 4.3. Prótesis y ortesis pasivas de miembro inferior. 4.4. Sillas de ruedas.							
Denominación del tema 5: <b>Ingeniería de rehabilitación-II</b>							
<u>Contenidos del tema 5:</u>							

- 5.1. Prótesis y ortesis activas de miembro superior e inferior.
- 5.2. Exoesqueletos.
- 5.3. Estimulación eléctrica funcional (FES).
- 5.4. Diseño mecánico en Ingeniería de rehabilitación.

**Denominación del tema 6: Herramientas de simulación de sistemas mecánicos: SOLIDWORKS**

Contenidos del tema 6:

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Exposición de mecanismos. Software para simulación y análisis de mecanismos.
- 6.3. Análisis cinemático de mecanismos utilizando el programa SOLIDWORKS.
- 6.4. Análisis dinámico de mecanismos utilizando el programa SOLIDWORKS.
- 6.5. Análisis resistente estático, dinámico y a fatiga con SOLIDWORKS.

Actividades prácticas:

Las sesiones prácticas de laboratorio y seminario correspondientes a los **temas 1-6** consistirán en la simulación cinemática y dinámica de sistemas mecánicos y sistemas biomecánicos mediante las siguientes herramientas: Solidworks y Opensim-Matlab (4,5 horas, modelado y simulación de sistemas biomecánicos).

**Denominación del tema 7: Fundamentos de Dinámica de Fluidos**

Contenidos del tema 7:

- 7.1 Tipos de flujos
- 7.2 Ecuaciones hidrodinámicas
- 7.3 Condiciones de contorno
- 7.4 Turbulencia
- 7.5 Modelos de Turbulencia
- 7.6 Capa límite

**Denominación del tema 8: El método numérico**

Contenidos del tema 8:

- 8.1 La malla
- 8.2 El método de los volúmenes finitos
- 8.3 La discretización espacial y temporal
- 8.4 Linearización
- 8.5 El método de resolución
- 8.6 Convergencia y precisión

**Denominación del tema 9: Condiciones de contorno**

Contenidos del tema 9:

- 9.1 Tipos de condiciones de contorno
- 9.2 Condiciones de contorno con y sin flujo

**Denominación del tema 10: Simulación de flujos incompresibles laminares**

Contenidos del tema 10:

- 10.1 Flujo a la entrada de un conducto

- 10.2 Flujo alrededor de una esfera
- 10.3 Chorro laminar
- 10.4 Problema de Rayleigh
- 10.5 Calle de vórtices de von Karman

**Actividades prácticas.** Se aplicarán los conceptos expuestos en las clases de teoría, lo que contribuye a reforzar la comprensión de los mismos. También las utilizaremos para mostrar ejemplos de interés. El profesor mostrará simulaciones de problemas en régimen incompresible y laminar. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (laboratorio y seminario) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán en clase. (3,5 horas)

**Denominación del tema 11: Simulación de flujos incompresibles turbulentos**

**Contenidos del tema 11:**

- 11.1 Aproximaciones. Tratamiento de la pared.
- 11.2 Flujo turbulento en una tubería
- 11.3 Flujo turbulento a la salida de un depósito
- 11.4 Flujo turbulento en torno a un ala de avión

**Actividades prácticas.** Se aplicarán los conceptos expuestos en las clases de teoría, lo que contribuye a reforzar la comprensión de los mismos. También las utilizaremos para mostrar ejemplos de interés. El profesor mostrará simulaciones de problemas en régimen incompresible y turbulento. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (laboratorio y seminario) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán en clase. (2 horas)

**Actividades formativas\***

Horas de trabajo del alumno por tema		Horas teóricas	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	PCH	LAB	ORD	SEM	TP	EP
1	9,5	0,5						10
2	12,5	1		1,5		1		10
3	12	0,5		1				10
4	12	1				1		10
5	8	1						10
6	9	0,5						5
Evaluación	1	1						
7	7,5	0,5						8,5
8	8	1						10
9	7	1						10
10	20	1		1,5		2		12
11	21,5	1		1		1	1,5	12
Evaluación	1	1						
<b>Evaluación **</b>	<b>22</b>	<b>2</b>						<b>20</b>
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>11</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	<b>1,5</b>	<b>127,5</b>

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).  
 PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)  
 LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

\*\* Indicar el número total de horas de evaluación de esta asignatura.

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. Clases expositivas y discusión de contenidos teóricos	X
2. Desarrollo de problemas	X
3. Prácticas de laboratorio y plantas piloto	X
4. Prácticas de campo	X
5. Prácticas en aula de informática	X
6. Seguimiento y discusión de trabajos	X
7. Desarrollo de seminarios	X
8. Visitas guiadas	X
9. Realización de exámenes	X
10. Aprendizaje autónomo e independiente: el estudiante profundiza en el estudio de las materias	X

### Resultados de aprendizaje\*

Proporcionar al alumno los conocimientos básicos y las herramientas para el análisis cinemático, dinámico y la síntesis de sistemas mecánicos.

Proporcionar al alumno los conocimientos básicos y las herramientas para la simulación y el diseño de sistemas de rehabilitación.

Proporcionar al alumno los fundamentos de la Biomecánica del movimiento humano y una introducción a sus aplicaciones.

Proporcionar al alumno los conocimientos básicos para el uso del programa Fluent.

Proporcionar al alumno una herramienta para la realización de simulaciones de flujos.

### Sistemas de evaluación\*

#### Criterios de evaluación

En la evaluación se valorará ante todo la comprensión de los conceptos y la exposición de los mismos, valorándose especialmente el empleo de los términos técnicos empleados en la exposición del temario en las clases. Se valorará por orden de importancia:

CE1 Claridad de conceptos fundamentales de la asignatura.

Relacionado con las competencias CB6-CB10, CG1-CG3, CG6, CT1-CT11, CE32-CE39.

CE2 Capacidad para analizar realizar simulaciones de sistemas mecánicos y de flujo de fluidos.

Relacionado con las competencias CB7, CB8-CB10, CG6, CT2, CE32-CE39.

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 y de laboratorio relacionadas con la materia.

Relacionado con las competencias CB6-CB10, CG1-CG3, CG6, CT1-CT11, CE32-CE39.

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 CB6-CB10, CT3, CT7, CE32-CE39.

CE6. Adquisición de destrezas asociadas a la realización de una simulación de la dinámica de un sistema mecánico, biomecánico y de un flujo de fluidos basada en un caso real.

Relacionado con las competencias CB2, CB5, CG1, CG2, CG6, CT6, CT8-CT11, CE32-CE39.

### **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:

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</b>	<b>Convocatoria ordinaria</b>	<b>Convocatoria extraordinaria</b>	<b>Evaluación global</b>
1. Evaluación continua	20%-45% <sup>(1)</sup> 40% <sup>(2)</sup> 20%-80% <sup>(3)</sup> 15%-50% <sup>(4)</sup>	50 %	50 %	50 %
2. Asistencia con aprovechamiento de actividades presenciales	5% <sup>(1)</sup> 20% <sup>(2)</sup> 0%-20% <sup>(3)</sup> 0%-25% <sup>(4)</sup>	0%	0 %	
3. Evaluación final de los conocimientos	50%-75% <sup>(1)</sup> 40% <sup>(2)</sup> 20%-80% <sup>(3)</sup> 50%-75% <sup>(4)</sup>	50 %	50 %	50 %
4. Exposición y defensa del trabajo presentado y evaluación del documento del trabajo entregado	0%-100% <sup>(5)</sup>			

(1) Para *Inic. a la inv. en expresión gráfica y proyectos*.

(2) Para *Inic. a la inv. en física aplicada, Inic. a la inv. tecnológica, Tecnologías de la comunicación y la documentación científica*.

(3) Para *Inic. a la inv. en matemática aplicada a la ingeniería, Métodos estadísticos avanzados*.

(4) Para el resto de asignaturas

(5) *Trabajo fin de máster*.

### **Descripción de las actividades de evaluación**

Los criterios citados anteriormente se evaluarán mediante las siguientes evaluaciones:

La evaluación se llevará a cabo a través de:

- **Evaluación continua:** resolución de 10 ejercicios prácticos (5 de la parte de Mecánica y 5 de la parte de Fluidomecánica) a realizar durante el curso. Cada ejercicio práctico consistirá en la realización de la simulación de un problema concreto. Cada ejercicio correctamente resuelto contribuirá con 1 punto a la calificación final. Los ejercicios deberán ser entregados antes de la fecha establecida para la evaluación final. Su peso en la calificación final será del 50 % tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, siendo por tanto **RECUPERABLE**.
- **Evaluación final:** Defensa de los ejercicios prácticos realizados en la evaluación continua. La defensa será evaluada con una calificación entre 0 y 10. Su peso en la calificación final será del 50 %. Esta actividad es **RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria.

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:

- Parte evaluación final: prueba escrita con cuestiones teórico/prácticas y/o problemas y casos de simulación de sistemas mecánicos y de sistemas sistemas fluidomecánicos, con un peso del 50 % en la calificación final.
- Parte de evaluación continua: resolución de un ejercicio práctico que consistirá en la realización de la simulación computacional de la cinemática y dinámica de un sistema mecánico y la simulación computacional de un problema fluidodinámico, con un peso del 50 % en la calificación final.

### **Bibliografía (básica y complementaria)**

#### **Bibliografía básica**

1. H. Josephs, R.L. Huston, Dynamics of mechanical systems, CRC Press, 2002.
2. B.M. Nigg, W. Herzog, Biomechanics of the Musculo-skeletal System, 2 Ed., Wiley, 1999.
3. Apuntes del programa Fluent con ejercicios resueltos.
4. Versteeg, H. K. y Malalasekera, W. (2007). An Introduction to Computational Fluid Dynamics: London: Addison

#### **Bibliografía complementaria**

1. J.F. Gardner, Simulations of machines using MATLAB and SIMULINK, Thomson, 2001.
2. J.H. Mathews, Métodos numéricos con MATLAB, 3ª Ed., Prentice Hall, 2003.
3. P. Santamarina, Vibraciones mecánicas en Ingeniería, Serv. de Publicaciones UPV, 1998.
4. A.A. Shabana, Dynamics of multibody systems, Cambridge University Press, 1998.

**Otros recursos y materiales docentes complementarios**

[www.solidworks.es/](http://www.solidworks.es/)  
[simtk.org/home/opensim](http://simtk.org/home/opensim) (OpenSim)