

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA¹

Curso académico: 2022/2023

Identificación y características de la asignatura													
Código ²	401492		Créditos ECTS				6						
Denominación (español)	Simulación de sistemas mecánicos y fluidodinámicos												
Denominación (inglés)	Simulation of mechanical and fluid-dynamical systems												
Titulaciones ³	Máster Universitario en Ingeniería Industrial												
Centro ⁴	Escuela de Ingenierías Industriales												
Semestre	3		Carácter		Optativa								
Módulo	Optatividad												
Materia	Tecnologías de Producción												
Profesor/es													
Nombre	Despacho			Correo-e						Página web			
Ignacio Herrera Navarro	D012			iherrera@unex.es									
Conrado Ferrera Llera	D07			cfl@unex.es									
Área de conocimiento	Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras Mecánica de Fluidos												
Departamento	Ingeniería Mecánica Energética y de los Materiales												
Profesor coordinador ⁵ (si hay más de uno)	Conrado Ferrera Llera												
Competencias ⁶ (ver tabla en http://bit.ly/competenciasMUII)													
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias EFM (I)	Marcar con una "X"	Competencias ET (II)	Marcar con una "X"	Competencias EG (III)	Marcar con una "X"	Competencias EI (IV)	Marcar con una "X"
CB6	X	CG1	X	CT1	X	CEFM1		CET1		CEG1		CEI1	
CB7	X	CG2	x	CT2	X			CET2		CEG2		CEI2	
CB8	X	CG3		CT3	X			CET3		CEG3		CEI3	
CB9	X	CG4	X	CT4	X			CET4		CEG4		CEI4	
CB10	X	CG5	X	CT5	X			CET5		CEG5		CEI5	
		CG6		CT6	X			CET6		CEG6		CEI6	
		CG7		CT7	X			CET7		CEG7		CEI7	
		CG8	X	CT8	X			CET8		CEG8			
		CG9	X	CT9	X								
				CT10	X								
				CT11	X								
				CT12	X								
				CT13	X								

¹ En los casos de planes conjuntos, coordinados, intercentros, pceos, etc., debe recogerse la información de todos los títulos y todos los centros en una única ficha.

² Si hay más de un código para la misma asignatura, ponerlos todos.

³ Si la asignatura se imparte en más de una titulación, consignarlas todas, incluidos los PCEOs.

⁴ Si la asignatura se imparte en más de un centro, incluirlos todos

⁵ En el caso de asignaturas intercentro, debe rellenarse el nombre del responsable intercentro de cada asignatura

⁶ Deben ajustarse a lo recogido en la memoria verificada del título.

CET: Competencias específicas de tecnologías industriales
 CEG: Competencias específicas de gestión
 CEI: Competencias específicas de instalaciones, plantas y construcciones complementarias
 CEFM: Competencias específicas de fin de máster

Competencias EM1	Marcar con una "X"	Competencias E M2	Marcar con una "X"	Competencias E M3	Marcar con una "X"	Competencias EM4	Marcar con una "X"	Competencias EM5	Marcar con una "X"	Competencias EM6	Marcar con una "X"
CEM1.1		CEM2.1		CEM3.1		CEM4.1		CEM5.1		CEM6.1	
CEM1.2		CEM2.2		CEM3.2		CEM4.2		CEM5.2		CEM6.2	
CEM1.3		CEM2.3		CEM3.3		CEM4.3		CEM5.3		CEM6.3	
CEM1.4		CEM2.4		CEM3.4		CEM4.4		CEM5.4		CEM6.4	
CEM1.5	X	CEM2.5		CEM3.5		CEM4.5		CEM5.5		CEM6.5	
		CEM2.6		CEM3.6				CEM5.6		CEM6.6	
								CEM5.7			
								CEM5.8			

CEM1: Competencias de especialidad: tecnologías de producción
 CEM2: Competencias de especialidad: organización industrial
 CEM3: Competencias de especialidad: energías renovables y eficiencia energética
 CEM4: Competencias de especialidad: redes eléctricas inteligentes
 CEM5: Competencias de especialidad: mecatrónica
 CEM6: Competencias de especialidad: gestión integral de proyectos de innovación

Contenidos

Breve descripción del contenido⁶

Planteamiento general del problema elastodinámico. Programa comercial de simulación mecánica para resolución de problemas de diseño de elementos mecánicos genéricos para que cumplan las condiciones de resistencia y de servicio. Ecuaciones hidrodinámicas y condiciones de contorno. Modelos de turbulencia. Programa comercial de simulación fluidodinámica. Aplicación a resolución de ejemplos.

Temario de la asignatura

Denominación del tema 1: Presentación e Introducción a la Simulación Mecánica

Contenidos del tema 1:

- 1.1 Presentación de la guía docente
- 1.2 Objeto y utilidad de la Simulación Mecánica

Denominación del tema 2: Fundamentos de Simulación Mecánica con Sólidos

Contenidos del tema 2:

- 2.1 El problema elastodinámico
- 2.2 Principios Variacionales
- 2.2 Teorema de los Trabajos Virtuales
- 2.3 Método de Galerkin
- 2.4 Pequeño soporte
- 2.5 Planteamiento de la simulación. Asignación de grados de libertad
- 2.6 El método de los elementos finitos (MEF)

Descripción de las actividades prácticas del tema 2: Clases prácticas de ejercicios sobre asignación de grados de libertad y aplicación del Teorema de los Trabajos Virtuales y del método de Galerkin. (2 horas presenciales en Grupo Grande)

Denominación del tema 3: Aplicación del MEF a estructuras de barras

Contenidos del tema 3:

- 3.1 Cálculo de estructuras de barras sometidas a Tracción-Compresión Uniaxial
- 3.2 Cálculo de estructuras de barras sometidas a Flexión

<p>Descripción de las actividades prácticas del tema 3: Prácticas de Simulación con STR, SolidWorks y MEFI. El profesor mostrará simulaciones de sólidos de estructuras de barras y validará los resultados mediante ensayos en el laboratorio. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (sala de ordenadores) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán con el profesor. (4 horas presenciales)</p>
<p>Denominación del tema 4: Generalización del MEF</p> <p>Contenidos del tema 4:</p> <p>4.1 Definición de la geometría de un sólido.</p> <p>4.2 El elemento. Tipos de elementos.</p> <p>4.3 Comportamiento</p> <p>4.4 Condiciones de contorno en desplazamientos</p> <p>4.5 Cargas</p> <p>4.6 Formulación de sólidos bidimensionales</p> <p>4.7 Elementos isoparamétricos</p> <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 4: Prácticas de Simulación con SolidWorks y MEFI. El profesor mostrará simulaciones de sólidos bidimensionales y tridimensionales y validará los resultados mediante ensayos en el laboratorio. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (sala de ordenadores) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán con el profesor. (6 horas presenciales)</p>
<p>Denominación del tema 5: Simulación de sistemas de sólidos.</p> <p>Contenidos del tema 5:</p> <p>5.1 Los medios continuos y la mecánica discreta</p> <p>5.2 Simulación de medios continuos mediante discretización con elementos rígidos</p> <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 5: Prácticas de Simulación con Working Model y SolidWorks. El profesor mostrará simulaciones de modelos continuos y validará los resultados mediante ensayos en el laboratorio. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (sala de ordenadores) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán con el profesor. (3 horas presenciales)</p>
<p>Denominación del tema 6: Programación de Simuladores</p> <p>Contenidos del tema 6:</p> <p>6.1 Introducción a la programación mediante ordenador</p> <p>6.2 Estructura del programa</p> <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 6: Prácticas de programación con MATLAB y FINITOS (2 horas presenciales)</p>
<p>Denominación del tema 7: Fundamentos de Dinámica de Fluidos</p> <p>Contenidos del tema 7:</p> <p>7.1 Tipos de flujos</p> <p>7.2 Ecuaciones hidrodinámicas</p> <p>7.3 Condiciones de contorno</p> <p>7.4 Turbulencia</p> <p>7.5 Modelos de Turbulencia</p> <p>7.6 Capa límite</p>
<p>Denominación del tema 8: El método numérico</p> <p>Contenidos del tema 8:</p> <p>8.1 La malla</p> <p>8.2 El método de los volúmenes finitos</p>

<p>8.3 La discretización espacial y temporal</p> <p>8.4 Linearización</p> <p>8.5 El método de resolución</p> <p>8.6 Convergencia y precisión</p>
<p>Denominación del tema 9: Condiciones de contorno</p> <p>Contenidos del tema 9:</p> <p>9.1 Tipos de condiciones de contorno</p> <p>9.2 Condiciones de contorno con y sin flujo</p>
<p>Denominación del tema 10: Simulación de flujos incompresibles laminares</p> <p>Contenidos del tema 10:</p> <p>10.1 Flujo a la entrada de un conducto</p> <p>10.2 Flujo alrededor de una esfera</p> <p>10.3 Chorro laminar</p> <p>10.4 Problema de Rayleigh</p> <p>10.5 Calle de vórtices de von Karman</p> <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 10: El profesor mostrará simulaciones de problemas en régimen incompresible y laminar. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (sala de ordenadores) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán con el profesor. (6 horas presenciales)</p>
<p>Denominación del tema 11: Simulación de flujos incompresibles turbulentos</p> <p>Contenidos del tema 11:</p> <p>11.1 Aproximaciones. Tratamiento de la pared.</p> <p>11.2 Flujo turbulento en una tubería</p> <p>11.3 Flujo turbulento a la salida de un depósito</p> <p>11.4 Flujo turbulento transicional en torno a un perfil aerodinámico</p> <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 11: El profesor mostrará simulaciones de problemas en régimen incompresible y turbulento. El alumno deberá realizar estas simulaciones individualmente en clase (sala de ordenadores) y, si fuera necesario, en horario no presencial. Los resultados se expondrán y discutirán con el profesor. (7 horas presenciales)</p> <p>Se realizará un experimento en el laboratorio para validar los resultados de simulación. El experimento consistirá en la medición del caudal a través de una placa-orificio en un circuito de ventilación (2 horas presenciales).</p>

Actividades formativas⁷

Horas de trabajo del alumno por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total		PCH	LAB	ORD	SEM		
1	6	1						5
2	10	5						5
3	11	2		4				5
4	16	5		6				5
5	9	1		3				5
6	8	1		2				5
7	10	5						5
8	7	2						5

⁷ Esta tabla debe coincidir exactamente con lo establecido en la ficha 12c de la asignatura.

9	7	2					5
10	16,5	3			6		7,5
11	19,5	3		2	7		7,5
Evaluación⁸	30						30
Ejercicio práctico 1	3						3
Ejercicio práctico 2	3						3
Ejercicio práctico 3	3						3
Ejercicio práctico 4	3						3
Ejercicio práctico 5	3						3
Ejercicio práctico 6	3						3
Ejercicio práctico 7	3						3
Ejercicio práctico 8	3						3
Ejercicio práctico 9	3						3
Ejercicio práctico 10	3						3
Prueba Final*							
TOTAL	150	30		17	13		90
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 docentes⁶							

⁸ Indicar el número total de horas de evaluación de esta asignatura.

*En esta asignatura solo existe prueba final en la modalidad de evaluación global. Por este motivo no se reflejan las horas en la tabla de actividades formativas.

La asignatura será impartida parcialmente en inglés (Temas 1-6) y castellano (Temas 7-11).

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.	
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. Formación en TICs y 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 aprendizaje⁶

Modelar y analizar el comportamiento resistente de elementos mecánicos así como evaluar sus condiciones de servicio: tensiones y desplazamientos.
 Analizar el comportamiento de elementos mecánicos en estados no lineales: plastificación, abolladura y pandeo.
 Analizar procesos y dispositivos fluidodinámicos de interés tecnológico a partir de resultados de simulación.
 Diseñar y testear elementos fluidomecánicos mediante simulación fluidodinámica.

Sistemas de evaluación⁶

Criterios de evaluación

Se valorará por orden de importancia:

- CE1. La comprensión de los conceptos fundamentales de la asignatura.
Relacionado con las competencias CB6-CB10,CG1,CG2,CG4,CG5,CG8,CG9.
- CE2. Capacidad para analizar y realizar simulaciones de sistemas mecánicos y fluidomecánicos. Relacionado con las competencias CB6-CB10,CEM1.5
- CE3. Dominio de herramientas informáticas y de laboratorio relacionadas con la

materia. Relacionado con las competencias CEM1.5

CE4. Capacidad para comunicar y transmitir los conocimientos en un lenguaje técnico apropiado, oral y escrito, dentro del campo de la ingeniería de mecánica Relacionado con las competencias CB6-CB10,CT1-CT13.

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:

	Rango establecido	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global
1. Exámenes (examen final y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios).	0%–100% ⁽¹⁾ 0%–80% ⁽²⁾	0	0	50
2. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo.	0%–80%	80	80	50
3. Asistencia y aprovechamiento, en las clases, prácticas y otras actividades presenciales.	0%–20%	0	0	---
4. Presentación y defensa de trabajos y memorias propuestos.	0% ⁽¹⁾ 0%–30% ⁽²⁾	20	20	

⁽¹⁾ Asignaturas del módulo *Tecnologías Complementarias*.

⁽²⁾ Resto de asignaturas.

Descripción de las actividades de evaluación

La evaluación continua del aprendizaje del alumno se realizará mediante el siguiente procedimiento:

La evaluación de los Temas 1-6 se llevará a cabo a través de la resolución, presentación y defensa oral de **5 ejercicios prácticos a realizar durante el curso**. Cada ejercicio práctico consistirá en la realización de la simulación de un problema concreto. Cada ejercicio recibirá una puntuación entre 0 y 1 punto atendiendo a los criterios de evaluación anteriormente expuestos. Se considerará tanto la corrección de la resolución del problema (80%) como la claridad de la exposición (20%). Los ejercicios deberán ser presentados antes de la fecha establecida para la evaluación final en la correspondiente convocatoria. Es una actividad de evaluación **recuperable** ya que en la convocatoria extraordinaria el alumno podrá recuperar la simulación, la defensa y la presentación del trabajo.

La evaluación de los Temas 7-11 se llevará a cabo de igual manera que la evaluación de los Temas 1-6. En los Temas 7-11, el alumno podrá escoger libremente **4 ejercicios** entre E1-E5 y E8-E10, y **1 ejercicio** entre E6 y E7. Si el alumno escoge el ejercicio E10 recibirá un punto adicional. Es una actividad de evaluación **Recuperable**.

E1: Flujo no viscoso sobre el perfil NACA4412

E2: Flujo laminar sobre una placa plana

E3: Flujo laminar en la entrada de una tubería

E4: Flujo laminar sobre una esfera

E5: Chorro laminar

E6: El problema de Rayleigh

E7: Calle de vórtices de Von Karman

- E8: Flujo turbulento en una tubería
 E9: Flujo turbulento a la salida de un depósito
E10: Flujo transitorio sobre el perfil NACA4412

La calificación obtenida en la asignatura cursada de forma continua será la suma de la calificación obtenida en cada uno de los diez ejercicios prácticos.

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:

- AG1. Examen final. Constará de un conjunto de test, preguntas cortas y problemas. Esta actividad es **recuperable** en la convocatoria extraordinaria.
 AG2. Resolución de un conjunto de ejercicios prácticos. El estudiante deberá resolver individualmente varios ejercicios prácticos (correspondientes a sistemas mecánicos y fluidodinámicos). Esta actividad es **recuperable** en la convocatoria extraordinaria.

En el caso de que la convocatoria sea no presencial el examen se regirá por las pautas que establezca la universidad, pudiéndose sustituir las pruebas escritas por orales.

Para que un alumno apruebe siendo evaluado de forma global deberá cumplir las siguientes condiciones:

- i) Que la calificación del examen final sea superior a 4
- ii) Que la calificación del ejercicio práctico sea superior a 4.
- iii) Que la calificación final, C , calculada mediante la fórmula siguiente sea superior a 5.

$$C = \frac{1}{2} (NEP + NEF)$$

Donde NEP es la calificación del ejercicio práctico tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

Donde NEF es la calificación del examen final tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

Bibliografía (básica y complementaria)

Bibliografía Básica:

1. Apuntes del programa Fluent con ejercicios resueltos.
2. Transparencias de la parte elastodinámica expuestas en clase.

Bibliografía Complementaria:

1. "Resistencia de Materiales I" por Ignacio Herrera Navarro. 2ª Edición. 2012. Editorial Bellisco.
2. Teoría General del MEF. Alvarez Cabal y Benito Muñoz. Sección de Publicaciones UNED. 1997
3. Fundamentos de Elasticidad y su Programación por Elementos Finitos. Ramón Argüelles Álvarez. Bellisco. 1992
4. Análisis de Estructuras. Teoría, Problemas y Programas. Arguelles. Fundación Conde del Valle de Salazar. 1996
5. Cálculo Matricial de Estructuras. Alarcón et. al. Reverté. 1990.
6. Solidworks Simulation. Gómez González. Editorial RAMA. 2010

7. Versteeg, H. K. y Malalasekera, W. (2007). An Introduction to Computational Fluid Dynamics: London: Addison
8. Ferziger, J. H. y Peric M. (1996). Computational Methods for Fluid Dynamics: New York: Springer Verlag
9. Wilcox, D. C. (2006). Turbulence modeling for CFD: Estados Unidos: DCW Industries

Otros recursos y materiales docentes complementarios

http://www.ansys.com/es_es/Productos/Flagship+Technology/ANSYS+Fluent