



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería  
Aeronáutica y del Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145005101 - Mecanica de Solidos**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145005101 - Mecanica de Solidos
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Francisco Javier Montans Leal	Edificio B- DAVE	fco.montans@upm.es	L - 15:00 - 18:00 X - 15:00 - 18:00
Jose Maria Benitez Baena (Coordinador/a)	Edificio B- DAVE	josemaria.benitez@upm.es	L - 15:00 - 18:00 X - 15:00 - 18:00
Miguel Angel Sanz Gomez	Edificio B- DAVE	miguelangel.sanz@upm.es	L - 15:00 - 18:00 X - 15:00 - 18:00

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Física Ii
- Resistencia De Materiales Y Elasticidad
- Matematicas Ii

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Aeroespacial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE22 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: La mecánica de fractura del medio continuo y los planteamientos dinámicos, de fatiga de inestabilidad estructural y de aeroelasticidad.

CE28 - Conocimiento aplicado de: aerodinámica; mecánica y termodinámica, mecánica del vuelo, ingeniería de aeronaves (ala fija y alas rotatorias), teoría de estructuras.

CE49 - Conocimiento aplicado de: aerodinámica; mecánica del vuelo, ingeniería de la defensa aérea (balística, misiles y sistemas aéreos), propulsión espacial, ciencia y tecnología de los materiales, teoría de estructuras.

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

CG9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA235 - Comprensión de las ecuaciones y principios generales del medio continuo, así como la adecuada selección de los diferentes modelos de comportamiento de sólidos deformables.

RA236 - Análisis de sólidos y estructuras sometidas a tensiones superiores al límite elástico y a cargas cíclicas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Introducción al análisis del comportamiento en 3D de sólidos deformables.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS.

- 1.1. Objetivos de la asignatura
- 1.2. Comparación de la Mecánica de los Medios
- 1.3. Continuos con la Resistencia de Materiales
- 1.4. Comportamiento de los materiales
- 1.5. El problema de contorno.

#### 2. Tema 2. ÁLGEBRA DE TENSORES EN COORDENADAS CARTESIANAS.

- 2.1. Notaciones de uso común.
- 2.2. Vectores y sus operaciones. Cambio de base y Objetividad
- 2.3. Tensores de segundo orden y sus operaciones.
- 2.4. Invariantes, autovalores y autovectores
- 2.5. Tensores de cuarto orden. Notación. Cambios de sistema de representación.

#### 3. Tema 3. CÁLCULO DE TENSORES.

- 3.1. Desarrollos en serie. Derivada direccional y gradiente.
- 3.2. Operadores de vectores y tensores
- 3.3. Teoremas integrales.

#### 4. Tema 4. ELASTICIDAD LINEAL

- 4.1. Tensor de tensiones. Tensiones principales y octaédricas. Descomposición en parte esférica y desviadora.
- 4.2. Tensor de deformaciones. Deformaciones infinitesimales. Descomposición en parte esférica y desviadora.
- 4.3. Planteamiento del problema elástico.
- 4.4. Ecuaciones de Navier y de Beltrami. Métodos y funciones potenciales en la solución del problema elástico.
- 4.5. Tensión y deformación plana.
- 4.6. Anisotropía en Elasticidad. Módulos aparentes. Propiedades en láminas y placas de materiales compuestos.
5. Tema 5. PRINCIPIOS ENERGÉTICOS Y VARIACIONALES.
  - 5.1. Potencia mecánica y principios energéticos en Mecánica de Medios Continuos.
  - 5.2. Formulaciones débiles y variacionales.
6. Tema 6. PLASTICIDAD Y CRITERIOS DE ROTURA.
  - 6.1. Curva de comportamiento elastoplástico. Micromecánica. Endurecimiento.
  - 6.2. Efectos Bausschinger y Masing.
  - 6.3. Representación de Haigh-Westergaard.
  - 6.4. Función de fluencias y potencial de flujo. Leyes de flujo y de endurecimiento plástico.
  - 6.5. Criterios de fallo plástico: criterio de Rankine, Hill, Tresca, Gurson, Tsai-Hill, otros criterios.
7. Tema 7. INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FRACTURA.
  - 7.1. Motivación histórica.
  - 7.2. Fractura frágil y fractura tenaz
  - 7.3. Teoría energética de Griffith.
  - 7.4. Aproximación tensional de Irwin: factor de intensidad de tensiones y tenacidad de fractura. Integral de Rice (o integral J).
8. Tema 8. INTRODUCCIÓN A LA FATIGA.
  - 8.1. Concepto de fatiga y vida útil. Diagramas de fatiga.
  - 8.2. Crecimiento subcrítico de fisuras: Ley de Paris.
  - 8.3. Daño acumulativo: regla de Palgreem-Miner.
  - 8.4. Curva de Whöler. Límite de fatiga.

## 9. Tema 9. FLEXIÓN DE PLACAS.

- 9.1. Tensiones y deformaciones en Placas y Láminas
- 9.2. Teoría fundamental de Kirchhoff.
- 9.3. Teoría de Reissner-Mindlin.
- 9.4. Placa de Navier y de Levi Nadai.
- 9.5. Solución de Rayleigh-Ritz. Teoría fundamental en Láminas y Membranas.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8			<b>Temas 1 y 2</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
9			<b>Tema 3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Entrega de la práctica correspondiente a los temas 1 y 2</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
10			<b>Tema 4</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 3</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
11			<b>Tema 5</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 4</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
12			<b>Tema 6</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 5</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00



13			<p><b>Tema 7</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 6</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
14			<p><b>Tema 8</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 7</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
15			<p><b>Tema 9</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 8</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
16			<p><b>Laboratorio de Mecánica Computacional</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Entrega de la práctica correspondiente al tema 9</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
17				<p><b>Examen ordinario (evaluación continua)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:30</p> <p><b>Examen ordinario (evaluación no continua)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 02:30</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Entrega de la práctica correspondiente a los temas 1 y 2	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
10	Entrega de la práctica correspondiente al tema 3	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
11	Entrega de la práctica correspondiente al tema 4	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
12	Entrega de la práctica correspondiente al tema 5	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
13	Entrega de la práctica correspondiente al tema 6	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
14	Entrega de la práctica correspondiente al tema 7	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
15	Entrega de la práctica correspondiente al tema 8	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	
16	Entrega de la práctica correspondiente al tema 9	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	6.25%	5 / 10	

17	Examen ordinario (evaluación continua)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	50%	3 / 10	
----	--	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen ordinario (evaluación no continua)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	02:30	100%	5 / 10	

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CG3 CG9 CE22 CE28 CE49

## 7.2. Criterios de evaluación

#### EVALUACION CONTINUA:

- Resolución de ejercicios mediante lenguajes de programación o software interactivo: 50% de la nota de la evaluación continua. Para poder hacer media con el examen ordinario es necesario obtener una nota igual o superior a 5. Estos ejercicios no se tendrán en cuenta para la convocatoria extraordinaria. Con la entrega de un solo ejercicio se asume que el alumno elige esta modalidad de evaluación.
- Examen ordinario: 50% de la nota de la evaluación continua. Para poder hacer media con los ejercicios es necesario obtener una nota igual o superior a 3. En caso contrario, el alumno obtendrá un suspenso en la convocatoria ordinaria.

#### SIN EVALUACIÓN CONTINUA:

Examen ordinario: Su calificación es el 100% de la nota. En esta modalidad, NO se consideran los trabajos que hubiese realizado el alumno. El examen extraordinario se considera, en cualquier caso, como un examen sin evaluación continua.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
E.V. CHAVES. Introducción a la Mecánica del Medio Continuo: Tomo I (fundamentos generales) y Tomo II (ecuaciones constitutivas). Ed. UPC, 2010.	Bibliografía	
Apuntes de clase	Bibliografía	Apuntes de clase
C. AGELET Y X. OLIVER. Mecánica de los Medios Continuos para Ingenieros. Ed. UPC, 2000.	Bibliografía	
A.F. BOWER. Applied Mechanics of Solids. Ed. CRC Press, 2010.	Bibliografía	
J. LEMAITRE, Y J. CHABOCHE. Mechanics of Solid Materials. Ed. Cambrigde, 1990.	Bibliografía	
T.L. ANDERSON. Fracture Mechanics. Fundamentals and Applications Ed. CRC Press, 1995.	Bibliografía	
SZILARD, R. Theories and Applications of Plate Analysis: Classical, Numerical and Engineering Methods. John Wiley & Sons, 2 ene. 2004	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	Esta plataforma se utiliza para poner a disposición del alumno cualquier tipo de material docente y se considera la principal vía de comunicación entre alumno y profesor. Algunos exámenes online podrían hacerse a

		través de esta plataforma.
Moodle-Exam	Recursos web	En caso de que los exámenes tengan que ser online se utilizará esta plataforma para su realización. Dependiendo de requerimientos docentes y logísticos, los exámenes on line podrían hacerse en cualquier otra plataforma.
MATLAB y MATLAB grader	Otros	Se podrá usar la licencia de MATLAB Campus para ejercicios y proyectos de la asignatura
Julia	Otros	Se podrá usar el lenguaje de programación Julia para tareas de la asignatura
Teams	Otros	Aplicación, también disponible como recurso web, para clases online. Dependiendo de los requerimientos docentes las clases podrían impartirse en cualquier otra plataforma (zoom, skype,...)
Zoom	Otros	Aplicación, también disponible como recurso web, para identificación y vigilancia de exámenes. Dependiendo de las futuras prestaciones de otras plataformas, estas actividades se podrían llevar a cabo en otras aplicaciones.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Debido a la incertidumbre sobre la situación sanitaria derivada del COVID-19, toda la docencia de la asignatura en el curso 2020/21 está programada para poder ser impartida tanto online como presencialmente. Los exámenes ordinario y extraordinario también están programados para realizarse presencial y telemáticamente. De esta manera, el planteamiento de toda la asignatura permite que el cambio de formato, tanto en actividades docentes como evaluadoras, sea inmediato y fácil.