



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

**145005506 - Estructuras**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - 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.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145005506 - Estructuras
<b>No de créditos</b>	6 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>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Andres Keyvan Salehi Paniagua	C-014	keyvan.salehi@upm.es	Sin horario. Tablón Departamento y Moodle
Marcos Chimeno Manguan (Coordinador/a)	C-110	marcos.chimeno@upm.es	Sin horario. Tablón Departamento y Moodle

Roman Torres Sanchez	B-019	roman.torres@upm.es	Sin horario. Tablón Departamento y Moodle
Jorge Llamazares Gonzalez	B-019	jorge.llamazares@upm.es	Sin horario. Tablón Departamento y Moodle

\* 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

- Resistencia De Materiales Y Elasticidad

#### 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

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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA238 - Conocimiento de los aspectos más destacados del comportamiento estructural y técnicas de ensayos en los componentes de las aeronaves y de sus motores.

RA237 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de la teoría de estructuras en las aeronaves.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura, dividida en dos partes, Análisis de Esfuerzos y Comprobación de Resistencia, pretende presentar en primer lugar los procedimientos que permiten obtener los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos que se producen en vigas de sección de pared muy delgada típicamente aeronáuticas cuando se encuentran sometidas a sollicitaciones axiales, de flexión y de torsión.

Una vez obtenidos los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos de la estructura aeronáutica, es necesario comprobar si los valores obtenidos son aceptables y permiten asegurar, con la mayor confianza posible, que la estructura no experimentará ningún tipo de fallo que ponga en riesgo la seguridad de la aeronave, esta fase es la

denominada Comprobación de Resistencia

## 5.2. Temario de la asignatura

1. ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS
  - 1.1. Introducción a las estructuras aeronáuticas
  - 1.2. Análisis de esfuerzos en estructuras monocasco de pared delgada
    - 1.2.1. Teorías elementales. Hipótesis, notación y simplificaciones
    - 1.2.2. Solicitación de flexión
    - 1.2.3. Solicitación de torsión
    - 1.2.4. Solicitación de cortadura
  - 1.3. Análisis de esfuerzos en estructuras semimonocasco de pared delgada
    - 1.3.1. Idealización estructural
    - 1.3.2. Solicitación de flexión
    - 1.3.3. Solicitación de torsión
    - 1.3.4. Solicitación de cortadura
  - 1.4. Desplazamientos de estructuras de pared delgada
    - 1.4.1. Alabeamiento
    - 1.4.2. Principios de trabajos virtuales
    - 1.4.3. Estructuras isostáticas
    - 1.4.4. Estructuras hiperestáticas
  - 1.5. Modificación de teorías elementales
    - 1.5.1. Secciones con restricción al alabeamiento
    - 1.5.2. Estructuras con sección variable (estrechamiento)
2. COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA
  - 2.1. Nociones sobre integridad estructural.
  - 2.2. Modelización de materiales metálicos.
  - 2.3. Elementos sometidos a tracción y a momento flector.
  - 2.4. Estabilidad a compresión de columnas de sección estable (pandeo global).
  - 2.5. La viga columna. Fallo a compresión de columnas de sección estable.
  - 2.6. Estabilidad de paneles de revestimiento. Anchura efectiva.

- 2.7. Estabilidad local de perfiles de pared delgada y revestimientos rigidizados.
- 2.8. Crippling y fallo a compresión de perfiles de pared delgada.
- 2.9. Revestimientos rigidizados a compresión.
- 2.10. Comportamiento postcrítico de paneles en cortadura. Tensión diagonal.
- 2.11. Nociones generales de estructuras aeronáuticas con materiales compuestos.
- 2.12. Uniones y herrajes.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Temas 1.1 y 1.2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1.2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
2	<b>Tema 1.2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1.2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	<b>Temas 1.2 y 1.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Temas 1.2 y 1.3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Tema 1.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1.3</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	<b>Tema 1.3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 1.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 1.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1.4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

7	<p><b>Tema 1.4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 1.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>Tema 1.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1.4</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9	<p><b>Tema 1.4</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 1.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>Tema 1.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1.5</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 1</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 03:00</p>
12	<p><b>Temas 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Temas 2.7, 2.8 y 2.9</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.7, 2.8 y 2.9</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

14	<p><b>Temas 2.9, 2.10 y 2.11</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.9, 2.10 y 2.11</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Temas 2.11 y 2.12</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.11 y 2.12</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 2</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
16				<p><b>Prueba de Evaluación Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 04:00</p>
17				

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
11	Prueba de Evaluación Intermedia 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	67%	5 / 10	CG3 CE49
15	Prueba de Evaluación Intermedia 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	33%	5 / 10	CG3 CE49

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Prueba de Evaluación Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG3 CE49

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Prueba de Evaluación Extraordinaria	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG3 CE49

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación de la asignatura se realizará a través de diferentes pruebas de evaluación.

### Evaluación progresiva:

La evaluación progresiva se realizará a través de varias Pruebas de Evaluación Intermedias y Pruebas de Evaluación Globales (ordinaria y extraordinaria):

- Primera prueba (semana 11, PEI1): Incluirá el Tema 1.
- Segunda prueba (semana 16, PEI2): Incluirá el Tema 2.

En cada una de las PEIS aplica:

- Si la calificación es mayor o igual a 5 sobre 10, se libera el bloque temático correspondiente. El bloque se considerará liberado hasta la convocatoria extraordinaria del presente curso académico.
- Si la calificación es mayor o igual a 4 sobre 10 y menor que 5 sobre 10, el bloque es compensable. El bloque sólo es compensable en la evaluación progresiva, la calificación no se guarda ni para la convocatoria ordinaria ni la extraordinaria.
- Si la calificación es menor que 4 sobre 10 el bloque no es compensable y no se podrá aprobar por evaluación progresiva, teniendo que examinarse en la convocatoria ordinaria o en la extraordinaria.

En caso de proceder el cálculo de la calificación por evaluación progresiva (todos los bloques liberados o compensables), esta será:

$$NF = (2/3) \cdot PEI1 + (1/3) \cdot PEI2$$

La asignatura se aprueba con una Nota Final mayor o igual a 5 sobre 10.

Si no se realiza alguna de las PEIs o bien no se alcanza la puntuación mínima correspondiente, deberá realizarse la parte correspondiente a dicho bloque en la Prueba de Evaluación Final o en la Prueba de Evaluación Extraordinaria.

En caso de aprobar por Evaluación Progresiva y querer presentarse a subir nota en la PEF, deberá presentarse

obligatoriamente a la parte compensable. La subida de nota solo será efectiva si mejora sus resultados en esa parte compensable.

### Evaluación por prueba final:

Si no se realiza alguna de las PEIs, no se alcanza la puntuación mínima para compensar bloques o la calificación por evaluación progresiva es menor que 5 sobre 10, la evaluación se realizará mediante la Prueba de Evaluación Final (en la convocatoria ordinaria) o la Prueba de Evaluación Extraordinaria (en la convocatoria extraordinaria).

La evaluación en dichas pruebas se realizará en bloques, correspondientes a los tres bloques temáticos correspondientes a las PEIs:

- Los bloques liberados en la PEF seguirán liberados en la PEE.
- Los bloques evaluados en la PEF sólo serán compensables en dicha convocatoria, no guardándose para la extraordinaria.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
W. BARRERA, M. CHIMENO. "Teoría y Ejercicios de Aplicación". Sección de Publicaciones ETSIAE.	Bibliografía	Referencia para el Tema 1
C. MARTÍNEZ ARNAIZ. " Estructuras Aeronáuticas". Sección de Publicaciones ETSIAE.	Bibliografía	Referencia para el Tema 1
C. MARTÍNEZ ARNAIZ, W. BARRERA. "Problemas de Estructuras Aeronáuticas". Sección de Publicaciones ETSIAE	Bibliografía	Referencia para el Tema 1

ENRIQUE DE LA FUENTE TREMPS. "Introducción al Análisis de las Estructuras Aeronáuticas". Garceta Grupo Editorial, 2014. ISBN: 978-84-1545-291-1	Bibliografía	Referencia para el Tema 2
ENRIQUE DE LA FUENTE TREMPS, ROMÁN TORRES SÁNCHEZ. "Estructuras Aeronáuticas. 142 Ejercicios Resueltos". Garceta Grupo Editorial, 2015. ISBN: 978-84-1622-821-8	Bibliografía	Referencia para el Tema 2
B. K. DONALDSON. "Analysis of aircraft structures: An introduction". Ed. Cambridge Univ. Press, 2008. ISBN: 978-0-521-86583-8.	Bibliografía	
H.G. MEGSON. "Aircraft Structures for Engineering Students". Ed. Butterworth-Heinemann, 5th Edition. ISBN: 9780080969053	Bibliografía	
M.C.Y. NIU. "Airframe Stress Analysis and Sizing". Ed. Conmilit Press Ltd, Hong Kong, 2001.	Bibliografía	
P. KUHN. "Stresses in Aircraft Structures". Ed. MacGraw Hill Book Co, 1956.	Bibliografía	
E.F. BRUHN. "Analysis and Design of Flight Vehicle Structures". Ed. Jacobs Publishing Inc, 1973.	Bibliografía	
R.M. RIVELLO. "Theory and Analysis of Flight Structures". Ed. McGraw Hill, 1969.	Bibliografía	
J.C. FLABEL. "Practical Stress Analysis". Lake City Publishing, 1997.	Bibliografía	

Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	Información general de la asignatura
--	--------------	--------------------------------------

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura