



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145006507 - Materiales Compuestos**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145006507 - Materiales Compuestos
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Daniel Del Rio Velilla	A.02.069	daniel.delrio.velilla@upm.es	M - 09:00 - 10:00 J - 09:00 - 10:00
Ana Amate Illescas	A.02.072	ana.amate@upm.es	M - 18:00 - 19:30 J - 18:00 - 19:30
Jose Manuel Menendez Martin	A.02.072	jose.m.menendez@upm.es	M - 18:00 - 19:00 J - 18:00 - 19:00

Antonio Fernandez Lopez (Coordinador/a)	A.02.072	antonio.fernandez.lopez@up m.es	X - 08:00 - 10:00 J - 08:00 - 10:00
--	----------	------------------------------------	--

\* 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

- Ciencia De Los Materiales
- Estructuras Aeronauticas
- Resistencia De Materiales Y Elasticidad
- Tecnologia Aeroespacial

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

- Mecánica del Solido,
- Cursar la asignatura de Fabricación Aeroespacial.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE46 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Las prestaciones tecnológicas, las técnicas de optimización de los materiales utilizados en el sector aeroespacial y los procesos de tratamientos para modificar sus propiedades mecánicas.

CE48 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los métodos de cálculo y de desarrollo de los materiales y sistemas de la defensa; el manejo de las técnicas experimentales, equipamiento e instrumentos de medida propios de la disciplina; la simulación numérica de los procesos físico-matemáticos más significativos; las técnicas de inspección, de control de calidad y de detección de fallos; los métodos y técnicas de reparación más adecuados.

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

CG4 - Capacidad para integrarse y formar parte activa de equipos de trabajo. Trabajo en equipo

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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA30 - Conocimiento y comprensión de los métodos de fabricación, inspección y reparación de los materiales compuestos, y de los procesos de certificación de aeroestructuras constituidas por materiales compuestos.

RA29 - Conocimiento y comprensión de los tipos de materiales constituyentes, las propiedades mecánicas, las transformaciones y los tratamientos de los materiales compuestos, y sus aplicaciones en ingeniería aeroespacial.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se trata de introducir a los estudiantes en los contenidos específicos de los materiales compuestos aplicados al diseño, cálculo y fabricación de aeroestructuras. La asignatura está dividida en dos partes, asociadas a los dos resultados del aprendizaje. Por un lado se explican los materiales constituyentes que dan origen a la anisotropía del material y a las propiedades y comportamiento de laminados con diferentes direcciones de apilado y los criterios de tolerancia al daño específicos de materiales compuestos. También se introducen en esta parte la metodología y las reglas de diseño para la fabricación de laminados y uniones. Para el segundo resultado de aprendizaje se realiza una aproximación más tecnológica, donde se explicarán las tecnologías de fabricación con materiales compuestos empleadas en la industria, el control de calidad mediante técnicas no destructivas, la metodología de obtención de propiedades y admisibles del material, la certificación y el comportamiento en servicio.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Tema 1. INTRODUCCIÓN.

- 1.1. 1.1 Introducción a los materiales compuestos.
- 1.2. 1.2. Evolución de la aplicación de los materiales compuestos en la industria aeronáutica.
- 1.3. 1.3. Situación actual de la industria de los materiales compuestos en España.
- 1.4. 1.4. Situación actual de la industria de los materiales compuestos a nivel mundial

### 2. Tema 2. FIBRAS Y MATRICES.

- 2.1. 2.1. Función de la fibra en el material compuesto.
- 2.2. 2.2. Tipos de fibras. Fabricación de fibras.
- 2.3. 2.3. Criterios de selección de fibras.
- 2.4. 2.4. Función de la matriz en el material compuesto.
- 2.5. 2.5. Tipos de Matriz. Aplicaciones de composites de matriz metálica y cerámica.
- 2.6. 2.6. Criterios de selección de matrices
- 2.7. 2.7. Volumen de fibra y poros
- 2.8. 2.8. Preimpregnados. Definición y fabricación.

### 3. Tema 3. TEORÍA DEL LAMINADO.

- 3.1. 3.1. Introducción a la teoría del laminado y a su aplicación.
- 3.2. 3.2. Ejes principales. Nomenclatura
- 3.3. 3.3. Rigidez equivalente.
- 3.4. 3.4. Resistencia de láminas UD. Criterios de fallo
- 3.5. 3.5. Degradación de propiedades por efectos ambientales. Comportamiento higrotérmico.
- 3.6. 3.6. Delaminaciones y fractura interlaminar

### 4. Tema 4. DISEÑO DE UNIONES. REPARACIONES.

- 4.1. Uniones Adhesivas.
- 4.2. Modelización de uniones adhesivas
- 4.3. Uniones Mecánicas
- 4.4. Modos de fallo de uniones mecánicas
- 4.5. Reparaciones

## 5. Tema 5. PROCESOS DE FABRICACIÓN CON FIBRA SECA.

5.1. 5.1. Introducción. Diferenciación de la fabricación mediante preimpregnados.

5.2. 5.2. Fabricación de preformas. Braiding y stitching.

5.3. 5.3. Resin Transfer Moulding (RTM).

5.4. 5.4. Infusión de resina (RLI).

5.5. 5.5. Otros métodos de fabricación con fibra seca.

## 6. Tema 6. PROCESOS DE FABRICACIÓN CON PREIMPREGNADOS Y AUTOCLAVE.

6.1. 6.1 Introducción.

6.2. 6.2. Tipos de estructuras fabricadas con materiales compuestos. Tipos de integración.

6.3. 6.3. Etapas en la fabricación mediante preimpregnados.

6.4. 6.4. Fabricación con preimpregnados. Apilado manual.

6.5. 6.5. Fabricación con preimpregnados. Apilado automático: FP y ATL.

6.6. 6.6. Otros métodos de fabricación con preimpregnados. Aplicaciones.

6.7. 6.7. Bolsa de vacío. Fabricación y motivos para su uso.

6.8. 6.8. Autoclave. Definición y necesidad de uso

6.9. 6.9. Ciclo de curado en autoclave de material polimérico

6.10. 6.10. Integración de geometrías complejas

## 7. Tema 7. UTILLAJE Y OPERACIONES AUXILIARES.

7.1. 7.1. Utillaje. Introducción.

7.2. 7.2. Características del utillaje para la fabricación de materiales compuestos.

7.3. 7.3. Materiales utilizados en el utillaje de materiales compuestos. Características.

7.4. 7.4. Tipos de utillaje

7.5. 7.5. Mecanizado de materiales compuestos

7.6. 7.6. Montaje. Limitaciones a la integración.

## 8. Tema 8. CALIDAD-CERTIFICACIÓN.

8.1. Certificación de una estructura aeronáutica de material compuesto: pirámide de certificación.

8.2. Certificación de materiales: Propiedades mecánicas. Admisibles y ensayos mecánicos normalizados.

8.3. Control de calidad. Ensayos físico-químicos

## 9. Tema 9. CALIDAD-ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

9.1. 9.1. Introducción a los ensayos no destructivos.

9.2. 9.2. Defectología típica de los materiales compuestos.

9.3. 9.3. Técnicas de ensayos no destructivos: Ultrasonidos.

9.4. 9.4. Otras técnicas de ensayos no destructivos: Rayos X, Emisión acústica, tomografía computerizada, termografía.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Introducción. Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>ESACOMP - Prop Lámina</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>ESACOMP - Laminado</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>ESACOMP - Uniones</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Evaluación Practica 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 16:00
8	<b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Practica 2: Demostración de la infusión de resina y tutorial del software MyRTM</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		<b>Evaluación Practica 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 08:00
9	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Fabricación de Materiales Compuestos mediante materiales preimpregnados.</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación practica 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 08:00
10	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Examen de la parte 1 de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 01:15

12	<b>Tema 7</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 8</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>Tema 8</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				
17				<b>Examen final de las dos partes de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:30

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
7	Evaluación Practica 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	16:00	10%	5 / 10	CE46 CG9 CE48 CE49
8	Evaluación Practica 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	5%	5 / 10	CG4 CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
9	Evaluación practica 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	08:00	10%	5 / 10	CG4 CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
11	Examen de la parte 1 de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	37.5%	5 / 10	CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
17	Examen final de las dos partes de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	37.5%	5 / 10	CE46 CG3 CG9 CE48 CE49

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Evaluación Practica 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	16:00	10%	5 / 10	CE46 CG9 CE48 CE49

8	Evaluación Practica 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	08:00	5%	5 / 10	CG4 CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
9	Evaluación practica 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	08:00	10%	5 / 10	CG4 CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
11	Examen de la parte 1 de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:15	37.5%	5 / 10	CE46 CG3 CG9 CE48 CE49
17	Examen final de las dos partes de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	37.5%	5 / 10	CE46 CG3 CG9 CE48 CE49

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

### EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación de los alumnos se estructura en dos partes, una parte teórica y otra de prácticas de laboratorio.

### EVALUACIÓN DE LOS CONTENIDOS TEÓRICOS DE LA ASIGNATURA

Para la evaluación progresiva de los contenidos teóricos se realizará una PEI correspondiente a la primera parte de la asignatura (Temas del 1 al 4), que será evaluado mediante un examen tipo test y/o de desarrollo, que será evaluado con una puntuación máxima de 10 , siendo necesario al menos un 4.0 asegurar la adquisición de las competencias contempladas en la memoria de verificación del título. La evaluación progresiva de la segunda parte de la asignatura (Temas del 5 al 9) tendrá la misma estructura (examen tipo test y/o de desarrollo, que será evaluado con una puntuación máxima de 10 , siendo necesario al menos un 4.0 asegurar la adquisición de las competencias contempladas en la memoria de verificación del título) y se realizará el día programado para el examen final ordinario. Será necesario al menos al menos un 5.0 de media entre las dos partes para superar la evaluación progresiva teórica de la asignatura. En caso de optar por evaluación global, el día de la convocatoria

ordinaria se realizará un examen para las dos partes de la asignatura, con los mismos criterios y estructura que para la evaluación progresiva, de forma que se evaluarán las dos partes en la que están divididos los conceptos de la asignatura (La primera del tema 1 al 4 y la segunda del 5 al 9), cada una mediante un examen tipo test y/o de desarrollo, que serán evaluadas con una puntuación máxima de 10 puntos cada una, siendo necesario al menos un 4.0 en cada parte para asegurar la adquisición de las competencias contempladas en la memoria de verificación del título, si bien se requiere al menos un 5.0 de media entre las dos partes para superar la evaluación teórica de la asignatura. Las notas de cada una de las partes superior a 4.0 se conservarán hasta la evaluación extraordinaria de la asignatura. El peso de la calificación de la teoría de la asignatura en la nota final será del 75%.

## EVALUACIÓN DE LOS CONTENIDOS PRÁCTICOS DE LA ASIGNATURA

El resto de la nota vendrá dada por las notas de los informes de prácticas de laboratorio y trabajos, siendo el trabajo de aproximación a los métodos numéricos aplicados al diseño de materiales compuestos un 10% de la nota final de la asignatura, y una práctica de laboratorio que constará de un 10% en la nota final de la asignatura y un trabajo de simulación de procesos con un peso de un 5% cada una. Es necesario aprobar con una nota mayor o igual a 5 en prácticas para superar la asignatura y haber entregado todas ellas.

La evaluación de la convocatoria extraordinaria será igual que en la convocatoria ordinaria.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
ALLAN BAKER, STUART DUTTON, DONALD KELLY. "Composite Materials for Aircraft Structures". Ed. AIAA Educational Series. EIBN 1-56347-540-5.	Bibliografía	Fundamental
MICHAEL C.Y. NIU. "Composite Airframe Structures". Ed. Technical Book Company, Los Angeles, 1992. ISBN 962-7128-06-6.	Bibliografía	Fundamental

VARIOS AUTORES. "MIL Handbook 17-3F Polymer Matrix Composites Vol4". Ed. U.S. Department of Defense.	Bibliografía	Específica
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura, enlaces, test de autoevaluación, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Las prácticas de la asignatura se realizarán en grupos de 20 personas.

El tribunal de la asignatura es:

Presidente: Antonio Fernández

Secretario: Pablo Rodríguez de Francisco

Vocal: José Manuel Menendez

Suplente: Ana Amate Illescas

Respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la asignatura tiene relación con los siguientes:

7- Energía Asequible y no contaminante: Debido a sus aplicaciones en energía eólica

8- Trabajo decente y crecimiento económico: Debido a su alto componente tecnológico

9- Industria, Innovación e infraestructura: Debido a sus aplicaciones en la industria aeronáutica y su influencia en la optimización de combustible

