



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145006501 - Aerodinámica**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	6
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>	145006501 - aerodinamica
<b>No de créditos</b>	6 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 - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial 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>
Angel Pedro Sanz Andres	EA-IDR	angel.sanz.andres@upm.es	Sin horario.
Sebastian Nicolas Franchini Longhi (Coordinador/a)	EA-IDR	s.franchini@upm.es	Sin horario.
Fernando Gandia Aguera	EB-513	fernando.gandia@upm.es	Sin horario.
Luis Manuel Ayuso Moreno	EB-513	luis.ayuso@upm.es	Sin horario.

Mikel Ogueta Gutierrez	EA-IDR	mikel.ogueta@upm.es	Sin horario.
Angel Antonio Rodriguez Sevillano	EB-513	angel.rodriguez.sevillano@u pm.es	Sin horario.
Rodolfo Sant Palma	EB-513	rodolfo.sant@upm.es	Sin horario.

\* 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

- Metodos Matematicos
- Mecanica De Fluidos
- Mecanica De Fluidos Ii

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

- Ecuaciones integrales y diferenciales, Termodinámica y Mecánica de Fluidos.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE44 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los fundamentos de la mecánica de fluidos que describen el flujo en cualquier régimen y determinan las distribuciones de presiones y las fuerzas aerodinámicas.

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

RA4 - Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis de los fenómenos aerodinámicos y de las leyes que gobiernan su comportamiento.

RA5 - Conocimiento, comprensión y síntesis de los fundamentos del vuelo de las aeronaves.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Se presentan los fundamentos de la aerodinámica teórica y aplicada.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Tema 1. ECUACIONES GENERALES.

1.1. 1.1. Introducción.

1.2. 1.2. Ecuaciones generales del movimiento.

1.3. 1.3. Movimientos irrotacionales. Ecuación de Euler-Bernoulli.

1.4. 1.4. Ecuación diferencial para el potencial de velocidades.

1.5. 1.5. Ejemplo: cálculo de la resistencia aerodinámica conocida la estela lejana.

#### 2. Tema 2. MOVIMIENTO POTENCIAL BIDIMENSIONAL DE LÍQUIDOS IDEALES.

2.1. 2.1. Introducción.

2.2. 2.2. Potencial complejo.

2.3. 2.3. Corriente de un líquido ideal alrededor de un cilindro circular.

2.4. 2.4. Teorema del círculo.

2.5. 2.5. Fuerzas sobre un perfil. Teorema de Kutta-Yukovski.

2.6. 2.6. El borde de salida afilado de los perfiles y la hipótesis de Kutta.

2.7. 2.7. Coeficientes de fuerzas y de momento de cabeceo sobre un perfil.

#### 3. Tema 3. TRANSFORMACIÓN CONFORME.

3.1. 3.1. Introducción.

- 3.2. 3.2. Transformación de dominios.
- 3.3. 3.3. Correspondencia entre los movimientos en uno y otro plano.
- 3.4. 3.4. Estudio del borde de salida de los perfiles.
- 3.5. 3.5. Funciones de transformación normalizadas.
- 3.6. 3.6. Aplicación de la transformación de Yukovski a un caso general.
- 3.7. 3.7. Placa plana a ángulo de ataque como transformada de la circunferencia.
- 3.8. 3.8. Comentarios sobre la paradoja de D'Alembert.
- 4. Tema 4. TEORÍA POTENCIAL LINEALIZADA DE PERFILES.
  - 4.1. 4.1. Introducción.
  - 4.2. 4.2. Planteamiento matemático del problema y linealización.
  - 4.3. 4.3. Problemas simétrico y sustentador.
  - 4.4. 4.4. Aplicación de la integral de Cauchy al problema linealizado.
  - 4.5. 4.5. Método de Glauert para problemas sustentadores.
  - 4.6. 4.6. Método de Glauert para problemas simétricos.
  - 4.7. 4.7. Método de Goldstein.
  - 4.8. 4.8. Comentarios sobre la hipótesis de Kutta.
  - 4.9. 4.9. Métodos numéricos. Introducción a los métodos de paneles.
- 5. Tema 5. CORRIENTE TRIDIMENSIONAL DE LÍQUIDOS IDEALES.
  - 5.1. 5.1. Introducción. 5.2. La función potencial y la función de corriente de Stokes. 5.3. Soluciones particulares. 5.4. Torbellinos potenciales
- 6. Tema 6. PERFILES Y ALAS EN RÉGIMEN COMPRESIBLE.
  - 6.1. 6.1. Introducción. 6.2. Movimiento potencial linealizado. 6.3. Limitación transónica. 6.4. Analogía de Prandtl-Glauert. 6.5. Perfiles en régimen supersónico.
- 7. Tema 7. ALAS DE GRAN ALARGAMIENTO.
  - 7.1. 7.1. Introducción.
  - 7.2. 7.2. Ecuación integral de Prandtl.
  - 7.3. 7.3. Distribución de circulación inicial y adicional.
  - 7.4. 7.4. Sustentación global, dirección de sustentación nula del ala y distribución de circulación básica
  - 7.5. 7.5. Relación entre la pendiente de la curva de sustentación del ala y la de los perfiles.

7.6. 7.6. Resistencia inducida.

7.7. 7.7. Coeficientes de momento de cabeceo, balanceo y guiñada.

7.8. 7.8. Ala larga con distribución de sustentación elíptica.

7.9. 7.9. Aletas de borde marginal.

7.10. 7.10. Introducción a los VLM.

8. Tema 8. ENTRADA EN PÉRDIDA DE PERFILES.

8.1. 8.1. Introducción. 8.2. Tipos de entrada en pérdida. 8.3. Dispositivos hipersustentadores. 8.4. Timones y alerones

9. Tema 9. RESISTENCIA AERODINÁMICA.

9.1. 9.1. Introducción. 9.2. Procedimientos para determinar numéricamente la resistencia. 9.3. Resistencias de fricción y de presión. 9.4. Resistencia aerodinámica del avión.

10. Tema 10. ENSAYOS EN TÚNEL AERODINÁMICO.

10.1. 10.1. Introducción. 10.2. Tipos de túneles aerodinámicos. 9.3. Criterios de diseño. 9.4. Instrumentación

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1: Ecuaciones generales.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 2: Movimiento potencial bidimensional de fluidos ideales</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Tema 2: Movimiento potencial bidimensional de fluidos ideales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Tema 2: Movimiento potencial bidimensional de fluidos ideales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p><b>Tema 3: Transformación conforme</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p><b>Tema 3: Transformación conforme</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

6	<p><b>Tema 4: Teoría potencial linealizada de perfiles</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
7	<p><b>Tema 5: Corriente tridimensional de fluidos ideales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p><b>Métodos numéricos aplicados a perfiles</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9	<p><b>Tema 7: Alas de gran alargamiento</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Actividades y trabajos individualizados</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 08:00</p>
10	<p><b>Tema 7: Alas de gran alargamiento</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Métodos numéricos aplicados a alas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Tema 6: Perfiles y alas en régimen compresible</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Tema 6: Perfiles y alas en régimen compresible</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

14	<p><b>Tema 8: Entrada en pérdida de perfiles</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Tema 9: Resistencia aerodinámica</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 10: Ensayos en túnel aerodinámico</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
16				<p><b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00</p> <p><b>En esta asignatura es por examen final, más trabajos. No hay evaluación continua.</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</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.

\* 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
16	En esta asignatura es por examen final, más trabajos. No hay evaluación continua.	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG3 CG9 CE44 CE49

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Actividades y trabajos individualizados	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	08:00	10%	5 / 10	CG3 CG9 CE44 CE49
16	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	90%	5 / 10	CE49 CG3 CG9 CE44

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final convocatoria extraordinaria	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG9 CG3 CE44 CE49

## 7.2. Criterios de evaluación

Criterios de evaluación.

Se establecerá una evaluación continuada en la cual se consideran las actividades realizadas, trabajos personales individualizados, exámenes parciales a lo largo del semestre y/o examen final. El estudiante puede voluntariamente realizar o no los exámenes parciales. Los trabajos individualizados resueltos satisfactoriamente, son de obligado cumplimiento.

Instrumentos de evaluación.

Los exámenes estarán compuestos de una parte teórica y otra de aplicación práctica. La parte teórica puede estar constituida por un lado:

- Ejercicios tipo " test" con ítems distractores y una solución verdadera o bien con ítems que pueden tener varias respuestas verdaderas o todas falsas.
- Ejercicios de preguntas de respuesta abierta que el alumno debe contestar creativa y correctamente.
- Ejercicios de desarrollo de algún tema de la asignatura.

Para la parte teórica no se podrán consultar libros ni apuntes.

La parte de aplicación práctica estará constituida por:

- Ejercicios de problemas teórico-prácticos relativos a los contenidos de la asignatura.

Sistema de calificación:

Se realizará una prueba objetiva final al completar el semestre. La calificación final obtenida por el alumno será la siguiente:

$$NF = 0,2 A + 0,8 B$$

Dónde:

- NF: Nota Final.
- A: Nota media de las actividades y trabajos individualizados.
- B: Nota media del examen final.

En el examen final, la asignatura se considerará aprobada cuando la nota media del examen sea igual o superior a 5,0 sobre 10.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
MESEGUER, J; SANZ, A. "Aerodinámica Básica". Ed. Garceta	Bibliografía	Fundamental
GANDÍA, F; BARCALA, A. "Introducción a la Aerodinámica". EIAE UPM, 2013.	Bibliografía	Fundamental
ANDERSON, J. "Fundamentals of Aerodynamics". Ed. McGraw Hill, 1984.	Bibliografía	Fundamental
BERTIN, J.J.; SMITH, M. L. "Aerodynamics for Engineers". Ed. Prentice Hall, 1989.	Bibliografía	Complementaria
KUTHE, A; CHOW, C. "Foundations of Aerodynamics". Ed. John Wiley & Sons, 1986.	Bibliografía	Complementaria
SCHLICHTING, H.; TRUCKENBRODT, E; RAMM, H. "Aerodynamics of the Airplane". Ed. McCraw Hill, 1979.	Bibliografía	Complementaria
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

D. Alejandro Martínez-Cava (alejandro.martinezcava@upm.es) también es docente de la asignatura.

El contenido de esta asignatura está alineado con el [Objetivo de Desarrollo Sostenible Nro. 9](#).