



## Guía docente

# 220301 - 220301 - Aerodinámica, Mecánica de Vuelo y Orbital

Última modificación: 29/07/2025

**Unidad responsable:** Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa

**Unidad que imparte:** 220 - ETSEIAT - Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA (Plan 2014). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2025

**Créditos ECTS:** 7.5

**Idiomas:** Catalán, Castellano

## PROFESORADO

**Profesorado responsable:** Josep Oriol Lizandra i Dalmases

**Otros:** Manel Soria Guerrero  
Adrià Rovira Garcia

## CAPACIDADES PREVIAS

Las mismas que se supone el estudiante ha demostrado en el grado previo que le ha dado acceso al MUEA, de acuerdo con la normativa establecida por la UPC.

## REQUISITOS

Dado que es una asignatura de primer curso, no se definen requisitos específicos, salvo aquellas asignaturas que se supone el estudiante ya ha cursado en el grado previo que le ha dado acceso al MUEA, de acuerdo con la normativa establecida por la UPC.

## COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

### Específicas:

CE03. MUEA/MASE: Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Externa en los distintos regímenes de vuelo, y aplicación de las mismas a la Aerodinámica Numérica y Experimental.

CE05. MUEA/MASE: Comprensión y dominio de la Mecánica del Vuelo Atmosférico (Actuaciones y Estabilidad y Control Estáticos y Dinámicos), y de la Mecánica Orbital y Dinámica de Actitud.

CG09-MUEA. Competencia en todas aquellas áreas relacionadas con las tecnologías aeroportuarias, aeronáuticas o espaciales que, por su naturaleza, no sean exclusivas de otras ramas de la ingeniería.

CE12. MUEA/MASE: Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en las Técnicas Experimentales y Numéricas utilizadas en la Mecánica de Fluidos.

### Básicas:

CB06. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB08. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CB09. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.



## METODOLOGÍAS DOCENTES

La metodología docente se divide en tres partes:

- Sesiones presenciales de exposición - participación de los contenidos y realización de ejercicios.
- Sesiones presenciales de trabajo de laboratorio.

- Trabajo autónomo de estudio y realización de ejercicios y actividades.

En las sesiones de exposición -participación de los contenidos, el profesorado introducirá las bases teóricas de la materia, conceptos, métodos y resultados ilustrándolo con ejemplos convenientes y solicitando, en su caso, la realización de ejercicios para facilitar su comprensión.

En las sesiones de trabajo de laboratorio, el profesorado guiará al estudiante en la aplicación de los conceptos teóricos para la resolución de ejercicios, fundamentándose en todo momento el razonamiento crítico.

Los estudiantes, de forma autónoma, tiene que trabajar el material proporcionado por el profesorado y el resultado de las sesiones de trabajo-problemas para asimilar y fijar los conceptos. El profesorado proporcionará un plan de estudio y de seguimiento de actividades (ATENEA).

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al finalizar la asignatura el estudiante debe:

- Conocer las técnicas numéricas básicas para el cálculo de flujos viscosos a bajos números de Reynolds.
- Conocer las técnicas numéricas básicas para el cálculo de flujos no viscosos e incompresibles alrededor de perfiles y alas.
- Conocer las técnicas utilizadas en aerodinàmica experimental.
- Entender como los efectos de compresibilidad del aire a alta velocidad de vuelo influyen en la aerodinámica y el funcionamiento de la planta motriz de los aviones.
- Ver que se pueden obtener resultados cualitativos (y hasta cierto punto, también cuantitativos) interesantes del comportamiento dinámico del avión, planteando ecuaciones diferenciales linealizada, considerando las pequeñas perturbaciones respecto un estado de referencia de movimiento estacionario.
- Comprender que, bajo las hipótesis de la linealización, se puede desacoplar el movimiento longitudinal del movimiento lateral.
- Entender cómo la geometría, configuración y distribución básica del avión afecta a las derivadas de estabilidad longitudinales y laterales del avión.
- Saber calcular los modos correspondientes al movimiento libre longitudinal y lateral, y entender como las derivadas de estabilidad y otros parámetros del avión influyen en el comportamiento dinámico de este.
- Saber aplicar la teoría de control clásica a problemas de dinámica de vuelo, en especial, en particular los modos (leyes de pilotaje) más habituales utilizados en aviones comerciales.
- Entender como los parámetros del controlador afectan a la respuesta dinámica del avión, y que eligiendo convenientemente estos parámetros se puede obtener una respuesta óptima, atendiendo aspectos diversos, como precisión, rapidez y estabilidad de la respuesta, confort, etc.
- Conocer los diferentes sistemas de coordenadas celestes y los planes fundamentales, así como las diferentes escalas de tiempo.
- Dominar los aspectos del movimiento Kepler, los elementos orbitales y el cálculo de efemérides.
- Conocer las maniobras básicas por los cambios de órbita de vehículos espaciales en torno a la Tierra.
- Comprender las bases del método de ajuste de cónicas ("patched cónico procedure"), y los viajes a la Luna o los interplanetarios.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	22,5	12.00
Horas aprendizaje autónomo	120,0	64.00
Horas grupo grande	45,0	24.00

Dedicación total: 187.5 h



## CONTENIDOS

### Módulo 1: Introducción a la aerodinámica numérica y experimental.

#### Descripción:

Introducción a la solución numérica de las ecuaciones de Navier-Stokes:

- Revisión de las ecuaciones de Navier-Stokes incompresibles.
- Aspectos matemáticos relevantes para su solución numérica.
- Validación y verificación de códigos CFD.
- Método de volúmenes de control finitos.
- Malla staggered.
- Tratamiento de los términos advecitivo y difusivo.
- Tratamiento del acoplamiento presión-velocidad.
- Algoritmos de integración temporal.
- Revisión de capa límite.
- Introducción a la turbulencia.
- Uso de códigos CFD en aerodinàmica: malla, condiciones de contorno y post-proceso.

Aerodinámica potencial:

- Repaso de definiciones y conceptos de aerodinámica de perfiles y alas.
- Técnicas numéricas para perfiles en régimen incompresible: métodos de paneles.
- Técnicas numéricas para el cálculo de flujos subsónicos compresibles alrededor de perfiles.
- Técnicas numéricas para alas en régimen incompresible: línea sustentadora (teoría de Prandtl para alas de gran alargamiento) y superficie sustentadora.

#### Actividades vinculadas:

Trabajo/s en grupo y, posiblemente, también en el examen parcial.

#### Dedicación:

93h 40m

Grupo grande/Teoría: 22h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 11h 10m

Aprendizaje autónomo: 60h



## Módulo 2: Estabilidad y respuesta dinámica de aviones.

### Descripción:

Generalidades:

- Ecuaciones generales del movimiento del avión como sólido rígido.
- Linealización de las ecuaciones del movimiento, respecto una condición de referencia.
- Separación del movimiento longitudinal y lateral.

Estabilidad y control dinámico del movimiento longitudinal:

- Derivadas de estabilidad longitudinales.
- Estabilidad dinámica del movimiento libre longitudinal. Sistemas completo y aproximado.
- Respuesta dinámica longitudinal en lazo abierto.

Estabilidad y control dinámico del movimiento lateral:

- Derivadas de estabilidad lateral-direccional.
- Estabilidad dinámica del movimiento libre lateral. Sistemas completo y aproximado.
- Respuesta dinámica lateral en lazo abierto.

Introducción al vuelo automático:

- Modos longitudinales.
- Modos laterales.

### Objetivos específicos:

N/A

### Actividades vinculadas:

Trabajo en grupo y/o en el examen final.

**Dedicación:** 46h 55m

Grupo grande/Teoría: 11h 15m

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h 40m

Aprendizaje autónomo: 30h

## Módulo 3: Mecánica Orbital

### Descripción:

- Sistemas de referencia para el espacio. Escalas de tiempo.
- Movimiento Kepler y elementos orbitales.
- Determinación de las órbitas.
- Perturbaciones de las órbitas.
- Satélites alrededor de la Tierra.
- Maniobras orbitales básicas.
- Trayectorias a la Luna y interplanetarias.

### Actividades vinculadas:

Trabajo en grupo y, posiblemente, en el examen final.

**Dedicación:** 46h 55m

Grupo grande/Teoría: 11h 15m

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h 40m

Aprendizaje autónomo: 30h

## ACTIVIDADES

### Teoría

**Dedicación:** 40h

Grupo grande/Teoría: 40h



### Pràctiques

**Dedicación:** 22h 30m  
Grupo pequeño/Laboratorio: 22h 30m

### Actividad 1: Examen parcial

**Descripción:**  
Preguntas teóricas cortas y / o test.

**Objetivos específicos:**  
N/A

**Material:**  
N/A

**Entregable:**  
N/A

**Dedicación:** 2h 30m  
Grupo grande/Teoría: 2h 30m

### Actividad 2: Examen final

**Descripción:**  
Preguntas teóricas cortas y/o test.

**Objetivos específicos:**  
N/A

**Material:**  
N/A

**Entregable:**  
N/A

**Dedicación:** 2h 30m  
Grupo grande/Teoría: 2h 30m

### Actividad 3: Trabajo en grupo

**Descripción:**  
Relacionado con los contenidos del módulo 1.

**Objetivos específicos:**  
N/A

**Material:**  
N/A

**Entregable:**  
N/A

**Dedicación:** 30h  
Aprendizaje autónomo: 30h



#### Actividad 4: Trabajo en grupo.

**Descripción:**

Relacionado con los contenidos de los módulos 1 y/o 3.

**Objetivos específicos:**

N/A

**Material:**

N/A

**Entregable:**

N/A

**Dedicación:** 60h

Aprendizaje autónomo: 60h

#### Actividad 5: Trabajo en grupo

**Descripción:**

Relacionado con los contenidos del módulo 3

**Objetivos específicos:**

N/A

**Material:**

N/A

**Entregable:**

N/A

**Dedicación:** 30h

Aprendizaje autónomo: 30h

### SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota final se calculará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N\_FINAL = 0.14 * NP1 + 0.14 * NP2 + 0.22 * NA1 + 0.40 * NA2 + 0.10 * NA3$$

Donde NP1 y NP2 son las notas del primer y segundo parcial, respectivamente, y NA1, NA2, y NA3 corresponden a las notas de cada uno de los trabajos en grupo.

### NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

N/A



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Anderson, John D. Fundamentals of aerodynamics. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9780073398105.
- Anderson, John D. Introduction to flight. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2012. ISBN 9780073380247.
- Ashley, Holt. Engineering analysis of flight vehicles [en línea]. New York: Dover, 2012 [Consulta: 23/04/2025]. Disponible a: <https://research-ebsco-com.recursos.biblioteca.upc.edu/plink/337eb56a-a17c-33e1-8c16-90d74bfc4dfb>. ISBN 9780486166537.
- Chobotov, Vladimir A. Orbital mechanics. 3rd ed. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002. ISBN 1563475375.
- Etkin, B.; Reid, L. D. Dynamics of flight: stability and control. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. ISBN 0471034185.

### Complementaria:

- Abzug, M. J.; Larrabee, E. E. Airplane stability and control: a history of the technologies that made aviation possible. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. ISBN 0521809924.
- Abzug, M. J. Computational flight dynamics. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998. ISBN 1563472597.
- Miele, Angelo. Flight mechanics. Vol. 1, theory of flight paths. Reading, Massachusetts [etc]: Addison Wesley, 1962.