



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Centro
Universitario
de la Defensa

Guía docente de la asignatura de Principios de Vuelo I (Aerodinámica)

Titulación:

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Curso 2012-2013

Guía Docente

1. Datos de la asignatura

Nombre	Principios de Vuelo I (Aerodinámica) [Fundamentals of Flight I (Aerodynamics)]		
Materia	Aerodinámica y Mecánica del Vuelo.		
Módulo	Optativa (Especialidad Fundamental Vuelo)		
Código	511103012		
Titulación	Grado en Ingeniería de Organización Industrial		
Plan de estudios	2009 (Decreto 269/2009 de 31 de julio)		
Centro	Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire		
Tipo	Optativa		
Periodo lectivo	Cuatrimestral	Curso	3º
Idioma	Castellano		
ECTS	6	Horas / ECTS	25
		Carga total de trabajo (horas)	150
Horario clases teoría		Aula	
Horario clases prácticas		Lugar	Aulas

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	José Serna Serrano		
Departamento	Integración		
Área de conocimiento	Ingeniería Aeroespacial		
Ubicación del despacho	Despacho 28 Edificio CUD-AGA		
Teléfono	968189927	Fax	968188780
Correo electrónico	jose.serna@ cud.upct.es		
URL / WEB	Aula Virtual UPCT		
Horario de atención / Tutorías	Se indicarán a comienzo de las clases		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 28 Edificio CUD-AGA		

3. Descripción de la asignatura

3.1. Presentación

Las características particulares del Centro Universitario de la Defensa (C.U.D.) ubicado en la Academia General del Aire (A.G.A) hacen que el título de Grado en Ingeniería de Organización Industrial ofertado deba ver completada la formación generalista, común a los planes de estudios de este Grado, con una formación enfocada al entorno concreto en que el alumnado desarrollará su futuro profesional.

Dos características muy específicas van a definir este entorno; por una parte, la vida y valores militares, para los cuales los alumnos reciben una formación específica durante sus estudios. Por otra, el carácter aeronáutico de la profesión, de modo que aparece, de forma natural, la necesidad de completar la formación práctica recibida, con una formación teórica que permita al futuro profesional conocer los fundamentos técnicos y las peculiaridades de los problemas que surgen en el complejo entorno aeronáutico.

La asignatura “Principios de Vuelo I (Aerodinámica)” es una asignatura optativa dentro de la concepción académica del plan de estudios, indicada para aquellos alumnos que realizan la especialidad fundamental de Vuelo. Esta asignatura se oferta con el objetivo de que los alumnos conozcan los fundamentos teóricos del vuelo atmosférico de las aeronaves. Para ello se hace aplicación de conocimientos previamente adquiridos sobre Mecánica de Fluidos y Mecánica del sólido rígido al caso particular de los aerodinamos y, especialmente a las aeronaves de ala fija. De esta forma se desarrolla un trabajo de síntesis y aplicación de conocimientos previos que permitirá al alumno un conocimiento teórico suficiente para interpretar ciertos fenómenos que le aparecerán en el desarrollo práctico de su profesión. Por su situación temporal en el plan de estudios, la asignatura se concibe como el complemento ideal a las Prácticas de Vuelo que el alumno de la especialidad fundamental de Vuelo comienza a realizar durante su tercer año de formación.

El carácter complejo y práctico de la materia permitirá también el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo, el aprendizaje autónomo y la adopción de actitudes críticas ante los problemas técnicos, aspecto este último que el alumno debe ir trabajando sobre todo en la parte de formación más específica de los estudios del Grado, una vez que los fundamentos han sido correctamente asentados.

3.2. Ubicación en el plan de estudios

La asignatura “Principios de Vuelo I (Aerodinámica)” corresponde al tercer curso del Grado en Ingeniería en Organización Industrial y se impartirá durante el tercer año de formación de los alumnos del C.U.D.

3.3. Descripción de la asignatura. Adecuación al perfil profesional

La asignatura consta de tres partes diferenciadas.

En la primera parte se estudiarán los problemas propios de la Aerodinámica Básica. Se partirá de las ecuaciones que rigen el comportamiento de los fluidos para, tras oportunas simplificaciones, hacer aplicación de las mismas al cálculo de fuerzas y

momentos sobre cuerpos aerodinámicos o fuselados. La complejidad de los problemas se irá incrementando con el devenir de la asignatura. Tras una presentación de las soluciones fundamentales de los flujos potenciales, la condición de Kutta y las definiciones de los coeficientes aerodinámicos, se procederá al estudio de perfiles en régimen incompresible, explicando el papel del espesor, curvatura y ángulo de ataque de los perfiles en su comportamiento aerodinámico. A continuación, el problema aerodinámico no viscoso e incompresible se ampliará a cuerpos tridimensionales, estudiando alas de gran alargamiento, lo que permitirá justificar la existencia de ciertas formas en planta óptimas. La introducción de los fenómenos de compresibilidad permitirá ampliar el estudio a perfiles y alas en régimen subsónico alto y supersónico, si bien, por la complejidad del problema será necesario realizar un enfoque más cualitativo que en las lecciones de flujo incompresible. Para finalizar la parte de Aerodinámica se estudian los fenómenos viscosos que aparecen en los flujos reales, desarrollando el concepto de capa límite y estudiando sus implicaciones en la generación de resistencia y ciertos fenómenos críticos como la entrada en pérdida y la barrena. Con la teoría desarrollada hasta este momento el alumno será capaz de comprender el funcionamiento de los dispositivos hipersustentadores y justificar su existencia en la aeronave.

La segunda parte de la asignatura consiste en una breve descripción y estudio de la generación de las fuerzas propulsivas en aeronaves. Se presentarán los dos tipos básicos de aeromotores: el conjunto motor alternativo con hélice, y los aerorreactores. Se desarrollarán modelos sencillos que permitan estudiar las actuaciones básicas de estos elementos.

En la tercera parte de la asignatura el esfuerzo se centrará en el estudio de la Mecánica del Vuelo. Para esta parte se considerará a la aeronave como un sólido rígido con seis grados de libertad para la determinación de su posición y actitud. Se comenzará introduciendo los sistemas de referencia empleados en aeronáutica y presentando las ecuaciones generales que rigen la mecánica del movimiento de la aeronave. Para las fuerzas que actúan sobre la misma es preciso recordar la atmósfera estándar y hacer uso de los conocimientos adquiridos en las dos primeras partes de la asignatura. Formulado el problema general se hará aplicación a casos sencillos y representativos de actuaciones de la aeronave. En primer lugar se estudiará el planeador como problema para fijar la metodología de trabajo de esta parte, continuando con las actuaciones (tanto de punto como integrales) de los aviones con motor de hélice y con aerorreactores. Se obtendrán, entre otros resultados, expresiones para el alcance y autonomía óptimos y máximos (fórmulas de Breguet). A continuación se hará una introducción al estudio de la estabilidad de la aeronave mediante la linealización de las ecuaciones generales del movimiento y la definición de las derivadas de estabilidad. El estudio de los temas de estabilidad y control tanto longitudinal como lateral-direccional se verá reducido por la complejidad de los mismos, tratándose básicamente aspectos cualitativos que puedan aparecer al futuro alumno piloto en la práctica de su profesión.

Por último se pretende realizar una introducción a las aeronaves de alas giratorias, con aplicaciones al vuelo en punto fijo y de avance horizontal de helicópteros.

3.4. Relación con otras asignaturas. Prerrequisitos y recomendaciones

Para afrontar con éxito la asignatura, el alumno deberá contar con los conocimientos de las siguientes asignaturas:

- Física (1er curso): fundamentalmente el bloque 1 (mecánica y ondas).
- Cálculo (1er curso): cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y variable compleja.
- Mecánica de Fluidos (2º curso): toda la asignatura.
- Tecnología Energética (2º curso): estudio termodinámico y actuaciones de los aerorreactores y los motores de combustión interna alternativos.

Se recomienda al alumno el curso de la asignatura de “Meteorología y Fraseología de las comunicaciones” (4º año) para una mejor comprensión de la influencia de la atmósfera en los desarrollos planteados en la asignatura.

Esta asignatura ayuda a la comprensión y justificación de parte de los contenidos presentados en la asignatura “Aviónica y conocimientos generales de aeronaves” (4º año)

3.5. Medidas especiales previstas

Se adoptarán medidas especiales que permitan simultanear los estudios de la asignatura con las actividades de formación militar y aeronáutica. En concreto, se formarán grupos de trabajo/aprendizaje cooperativo de alumnos con disponibilidad limitada, fomentándose el seguimiento del aprendizaje mediante la programación de tutorías de grupo y planificación y entrega de actividades.

4. Competencias

4.1. Competencias específicas de la asignatura

Conocimiento de los fundamentos teóricos de la aerodinámica básica (perfiles en régimen incompresible (subsónico y supersónico) y alas de gran envergadura). Determinación de las fuerzas de origen aerodinámicos que actúan sobre un cuerpo fuselado. Formulación del problema del movimiento de la aeronave como sólido rígido y aplicación al cálculo de actuaciones en situaciones sencillas y representativas. Análisis de la estabilidad y el control de las aeronaves.

4.2. Competencias genéricas / transversales

COMPETENCIAS INSTRUMENTALES

- T1.1 Capacidad de análisis y síntesis
- T1.3 Comunicación oral y escrita en lengua propia
- T1.5 Habilidades básicas computacionales
- T1.7 Resolución de problemas

COMPETENCIAS PERSONALES

- T2.2 Trabajo en equipo

COMPETENCIAS SISTÉMICAS

- T3.1 Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica
- T3.2 Capacidad de aprender
- T3.7 Habilidad de realizar trabajo autónomo

4.3. Objetivos generales/ Competencias específicas del Título

COMPETENCIAS PROFESIONALES

- E2.7 Capacidad para conocer y manejar los sistemas de una aeronave, y asesorar en el diseño de las mismas, así como capacidad de dirección y organización de operaciones aéreas.

4.4. Objetivos del aprendizaje

El objetivo fundamental de la asignatura es el de comprender como las fuerzas aerodinámicas determinan la dinámica del vuelo y el papel de las distintas variables involucradas en el fenómeno del vuelo. Para ello, al finalizar la asignatura, el alumno deberá ser capaz:

- Comprender los mecanismos básicos de generación de sustentación en perfiles aerodinámicos y caracterizar cuantitativamente la misma desde el punto de vista de la teoría potencial.
- Conocer el efecto de la envergadura del ala en la modificación de la sustentación respecto al caso de perfiles.
- Distinguir los comportamientos aerodinámicos en régimen subsónico y supersónico. Justificar la morfología de perfiles y alas en ambos regímenes.
- Comprender el concepto de capa límite y su papel fundamental en la generación de resistencia y la entrada en pérdida de los perfiles.
- Conocer los principales dispositivos hipersustentadores: morfología, fundamento físico de funcionamiento, necesidad de los mismos y efectos sobre la generación de sustentación y resistencia.
- Analizar cuantitativamente la variación de las necesidades propulsivas con la altura de vuelo y las prestaciones de los aeromotores con la misma.
- Formular los problemas de actuaciones integrales y de punto de las aeronaves de ala fija.
- Calcular techos de vuelo. Optimizar alcances y autonomías con modelos sencillos para las propiedades aerodinámicas y propulsivas de las aeronaves.
- Comprender los problemas de estabilidad y control de las aeronaves. Justificar la existencia de los mandos (alerones y timones) y comprender su funcionamiento.
- Plantear un modelo sencillo para el estudio de las aeronaves de alas giratorias.
- Ser crítico con los problemas de diseño y análisis aerodinámico y de simulación en mecánica del vuelo, siendo capaz de valorar la complejidad técnica de dichas ciencias, de las que serán usuarios, y teniendo unos conocimientos básicos para analizar con espíritu crítico los datos que les puedan suministrar otros profesionales del área con los que establezcan contacto.

5. Contenidos

5.1. Contenidos según el plan de estudios

Atmósfera. Ecuaciones fundamentales de la dinámica de los fluidos. Origen de las fuerzas aerodinámicas. Influencia de la forma en planta del ala. Dispositivos hipersustentadores. Actuaciones de los aviones. Estabilidad estática y dinámica. Ondas de choque.

5.2. Programa de teoría

Lección 0. Atmósfera estándar (repaso).

PARTE I. AERODINÁMICA.

UD 1. REVISIÓN DE MECÁNICA DE FLUIDOS. GENERALIDADES.

Lección 1. Introducción. Repaso de conceptos fundamentales de mecánica de fluidos. Fuerzas y coeficientes aerodinámicos.

Lección 2. Movimiento potencial bidimensional de líquidos ideales. Soluciones fundamentales. El teorema de Kutta-Jukowsky.

UD 2. AERODINÁMICA BIDIMENSIONALES EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE.

Lección 3. Flujo potencial incompresible sobre perfiles bidimensionales.

UD 3. AERODINÁMICA TRIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE.

Lección 4. Flujo potencial incompresible sobre alas de envergadura finita.

UD 4. FLUJOS COMPRESIBLES.

Lección 5. Flujo potencial compresible. Generalidades. Ondas de choque.

Lección 6. Flujo potencial compresible alrededor de perfiles aerodinámicos y alas.

UD 5. FLUJOS CON VISCOSIDAD.

Lección 7. Flujo viscoso. Capa límite. Resistencia de origen viscoso. Entrada en pérdida de perfiles.

Lección 8. Resistencia del avión.

Lección 9. Dispositivos hipersustentadores y de control del flujo.

PARTE II. SISTEMAS DE PROPULSIÓN.

UD 6. SISTEMAS DE PROPULSIÓN DE AERONAVES.

Lección 10. Sistemas de propulsión de aeronaves. Avión con motor alternativo y hélice. Turborreactores.

PARTE III. MECÁNICA DEL VUELO.

UD 7. GENERALIDADES. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA COMPLETO.

Lección 11. Introducción a la Mecánica del Vuelo. Nomenclatura. Formulación general del problema.

UD 8. ACTUACIONES DE AERONAVES.

Lección 12. Actuaciones del planeador.

Lección 13. Actuaciones de los aviones con motor alternativo y hélice.

Lección 14. Actuaciones de los aviones con motor de reacción.

Lección 15. Envoltentes de vuelo y diagramas de maniobra.

UD 9. ESTABILIDAD Y CONTROL.

Lección 16. Introducción a los problemas de estabilidad y control.

Lección 17. Estabilidad y control longitudinales.

Lección 18. Estabilidad y control lateral-direccional.

UD 10. AERONAVES DE ALAS GIRATORIAS.

Lección 19. Introducción a las aeronaves de alas giratorias. Actuaciones básicas del helicóptero.

5.3. Programa de prácticas

Sesiones de Laboratorio:

Ante las limitaciones de tiempo que impone el desarrollo de las prácticas de Vuelo por parte de los alumnos, y, dado que dichas prácticas son, a su vez, la materialización real de los contenidos explicados en la asignatura, no se consideran necesarias la realización de prácticas de laboratorio que supongan una carga temporal alta para el alumno. Aún así, se pretende realizar unas sesiones teórico prácticas para familiarizar al alumno con el trabajo de laboratorio y computacional en aerodinámica. Los objetivos de aprendizaje son:

- ✓ Dejar patente al alumno las dificultades que aparecen en el estudio de los problemas reales, al eliminar todas las simplificaciones que posibilitan la existencia de modelos analíticos sencillos.
- ✓ Conocer la necesidad de realizar simulaciones numéricas y experimentos.
- ✓ Fomentar la capacidad crítica del alumno, haciéndole ver que los fundamentos físicos y los modelos sencillos estudiados en las clases teóricas, deben ser empleados para enjuiciar los resultados obtenidos de simulaciones numéricas y experimentos.
- ✓ Favorecer la capacidad para llevar a la práctica los conocimientos teóricos.
- ✓ Conocer los principales aspectos del trabajo en el laboratorio y la necesidad de equipos multidisciplinares para abordar los problemas complejos.
- ✓ Elaborar informes del trabajo realizado, en donde se explican los fundamentos y objetivos de la práctica, se analizan los resultados obtenidos y se justifican los cálculos realizados.

Las prácticas a desarrollar serán:

Práctica 1.	Introducción a la aerodinámica computacional. Simulaciones numéricas: necesidad, ventajas y limitaciones.
Práctica 2.	Introducción a la aerodinámica experimental. Los ensayos aerodinámicos y el túnel de viento. Tipos de túneles de viento y datos obtenibles.

5.4. Programa resumido en inglés

Lesson 0. International Standard Atmosphere (review)

PART I. AERODYNAMICS.

D.U. 1. FLUID DYNAMICS REVISION. GENERAL CONCEPTS.

Lesson 1. Introduction. Review of fundamental concepts of fluid dynamics. Aerodynamics coefficients definitions.

Lesson 2. Ideal two-dimensional incompressible fluid flow. Fundamental solutions. The Kutta-Jukowsky theorem.

D.U. 2. INCOMPRESSIBLE TWO DIMENSIONAL IDEAL AERODYNAMICS.

Lesson 3. Potential incompressible flow over two-dimensional profiles.

D.U. 3. INCOMPRESSIBLE THREE DIMENSIONAL IDEAL AERODYNAMICS.

Lesson 4. Potential incompressible flow over finite wings.

D.U. 4. COMPRESSIBLE FLOW.

Lesson 5. Potential compressible flow. General concepts. Shock waves.

Lesson 6. Potential compressible flow over aerodynamic profiles and wings.

D.U. 5. VISCOUS FLOW.

Lesson 7. Viscous flow introduction. Boundary layers. Viscous drag. Stall.

Lesson 8. Full aeroplane drag.

Lesson 9. High-lift and flow control devices.

PART II. PROPULSION SYSTEMS.

D.U. 6. AIRCRAFT POWERPLANTS.

Lesson 10. Aircraft powerplants. Aircraft with internal combustion engine and prop. Aeroengines.

PART III. FLIGHT DYNAMICS.

D.U. 7. GENERAL CONCEPTS. FULL PROBLEM FORMULATION.

Lesson 11. Introduction to flight mechanics. Nomenclature. General formulation of the problema.

D.U. 8. AIRCRAFT PERFORMANCES.

Lesson 12. Glider performances.

Lesson 13. Performances of aircrafts (propeller propulsion).

Lesson 14. Performances of aircrafts (jet propulsion).

Lesson 15. Flight envelopes and maneuver diagrams.

D.U. 9. STABILITY AND CONTROL

Lesson 16. Introduction to stability and control problems.

Lesson 17. Longitudinal stability and control.

Lesson 18. Lateral and directional stability and control.

D.U. 10. ROTATORY WINGS AIRCRAFTS.

Lesson 19. Introduction to rotatory wings aircrafts. Helicopter basic performances.

6. Metodología docente

6.1. Actividades formativas de E/A			
Actividad	Trabajo del profesor	Trabajo del estudiante	ECTS
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>Presencial</u> : Asistencia y participación a las clases presenciales. Toma de apuntes y revisión con el compañero. Planteamiento de dudas.	1.2
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	1.50
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos	Resolución de problemas tipo y análisis de casos prácticos guiados por el profesor. Se enfatizará el trabajo en plantear métodos de resolución. Se plantearán problemas y/o casos prácticos similares para que los alumnos lo vayan resolviendo individualmente o por parejas.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas	0.94
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	1.10
Clase de Prácticas. Sesiones en el laboratorio y el aula de informática	Las sesiones prácticas consisten en el planteamiento, dirección y tutela de prácticas en el laboratorio y en el aula de informática relacionadas con los conceptos teóricos de la asignatura. Las sesiones de laboratorio son fundamentales para acercar el entorno de trabajo	<u>Presencial</u> : Realización de las prácticas de laboratorio y de informática siguiendo los guiones proporcionados por el profesor. Toma de datos. Manejo de instrumentación. Planteamiento de dudas.	0.16
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios de calidad establecidos	0.10

	industrial al docente. Mediante las sesiones de informática se pretende que los alumnos adquieran las habilidades básicas computacionales.		
Actividades de evaluación formativa	Se repartirá al alumnado preguntas de respuesta breve y cuestiones teórico prácticas en clase para su resolución que se corregirán por el profesor como técnica de evaluación del aprendizaje y seguimiento del grado de asimilación de los contenidos.	<u>Presencial</u> : Resolución y autoanálisis de las cuestiones y problemas propuestos a partir de las directrices del profesor como técnica para fomentar la capacidad de autoevaluación y proporcionar realimentación sobre el grado de aprendizaje durante el curso.	0.38
Tutorías individuales y/o de grupo	Las tutorías serán individuales y en grupo. En ellas se realizará una revisión de problemas propuestos y dudas del alumnado.	<u>Presencial</u> : Tutorías de consulta de dudas de teoría y problemas. <u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico	0.1
Resolución de problemas propuestos	Se repartirá al alumnado problemas propuestos para su resolución por grupos como técnica de aprendizaje cooperativo.	<u>No presencial</u> : Resolución de los problemas propuestos por parte del alumnado.	0.32
Actividades de evaluación sumativa. Pruebas escritas individuales	Se realizará una prueba individual escrita parcial eliminatória a mitad de cuatrimestre sobre los contenidos desarrollados en las dos primeras unidades didácticas. Además habrá otra prueba escrita individual al final del cuatrimestre. Estas pruebas seguirán las indicaciones dadas en la convocatoria y constarán de cuestiones teórico-prácticas y problemas y sirven como técnica de evaluación del aprendizaje y seguimiento del grado de asimilación de los contenidos a lo largo del curso. Se realizará también una prueba final escrita.	<u>Presencial</u> : Asistencia a las pruebas escritas y realización de estas.	0.2
TOTAL			6.00

7. Evaluación

7.1. Sistema de evaluación

Técnicas	Realización / criterios	Ponderación	Competencias genéricas
Pruebas escritas individuales ⁽¹⁾ (70 %)	Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Constará de un examen de 4 preguntas de teoría cortas o cuestiones teórico prácticas sobre conceptos fundamentales. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos.	40 % de la prueba	T1.1, T1.3, T1.7, T3.1, T3.2, T3.7
	Problemas: Consistirá en 1 ó 2 problemas de media o larga extensión. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis.	60 % de la prueba	T1.1, T1.3, T1.7, T3.1, T3.2, T3.7

Evaluación formativa ⁽²⁾ (10%)	Eventualmente se repartirán problemas o cuestiones en el aula para evaluar el seguimiento continuo de la asignatura por parte del alumno.	Será definida por el profesor en función del número y dificultad de las pruebas propuestas	T1.1, T1.2, T1.3, T1.7, T3.1, T3.2, T3.7
Problemas propuestos (20 %)	Se propondrán varios problemas (4 propuestas: 2 por cada parte de la asignatura) durante el curso a realizar por los alumnos en grupos. De estas 4 propuestas 1 estará relacionada con las sesiones prácticas explicadas.	25% cada una de las propuestas	T1.1, T1.2, T1.3, T1.5, T2.1, T1.7, T3.1, T3.2, T3.7

(1) Habrá una prueba escrita individual (PEI) parcial a mitad de cuatrimestre, que versará sobre la primera parte de la asignatura (Aerodinámica [Lecciones 1 a 9]). Debe superarse con nota total igual o superior a 4.5 sobre 10 para eliminar esta parte de la asignatura de cara al examen final.

La evaluación final constará de dos PEIs; en primer lugar, todos los alumnos realizarán la PEI correspondiente a los bloques II (propulsión [lección 10]) y III (mecánica del vuelo [lecciones 11 a 19]). Tras un descanso, se realizará la PEI correspondiente a las lecciones 1 a 9 para aquellos alumnos que no la liberaron dicha materia en la PEI parcial, o aquellos que deseen obtener mejor calificación. Todos los alumnos se pueden presentar a esta segunda PEI, teniendo en cuenta que, aquellos que liberaron materia en la prueba parcial, si entregan esta parte al profesor, perderán la calificación obtenida en la PEI parcial.

Las PEI seguirán las características fijadas en la convocatoria.

(2) Se darán problemas o cuestiones para resolver en el aula durante 45 minutos o una hora. La metodología podrá variar según las características de las lecciones: cuestionarios tipo test para aquellas lecciones de contenido más teórico, problemas cortos de aplicación directa de formulaciones o conceptos, e incluso problemas de mayor dificultad en los que el profesor vaya guiando a los alumnos según progresan con los mismos en el caso de las lecciones con mayor carga práctica.

La calificación de la asignatura (N) se calculará según la siguiente expresión:

$$0 < PEI < 4.5 \rightarrow N = PEI$$

$$4.5 \leq PEI \leq 5.0 \rightarrow N = \min(5.0, 0.7PEI + 0.2PP + 0.1EF)$$

$$PEI > 5 \rightarrow N = 0.7PEI + 0.2PP + 0.1EF$$

Siendo

PEI = la media aritmética de las pruebas individuales escritas realizadas por el alumno (en una escala de 0 a 10).

PP = la calificación obtenida en los problemas propuestos (en una escala de 0 a 10).

EF = la calificación obtenida en las evaluaciones formativas (en una escala de 0 a 10).

Para aprobar la asignatura debe ser N mayor o igual que 5.0.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante algunos de los siguientes mecanismos:

- Cuestiones planteadas en clase y actividades de Aprendizaje Cooperativo informal por parejas de problemas propuestos
- Supervisión y revisión de los problemas propuestos para ser realizados en equipo
- Tutorías individuales
- Seguimiento de las actividades realizadas por el alumno
- Pruebas escritas parciales individuales a lo largo del curso

8. Relación entre los resultados, las actividades formativas y la evaluación

8.1. Objetivos del aprendizaje / actividades formativas / evaluación de los resultados							
Objetivos del aprendizaje (4.4)	Clases de teoría	Clase de problemas	Clase de prácticas	Evaluación formativa	Tutorías individuales y/o grupales	Problemas propuestos	Evaluación sumativa
Comprender los mecanismos básicos de generación de sustentación en perfiles aerodinámicos y caracterizar cuantitativamente la misma desde el punto de vista de la teoría potencial.	X	X		X	X	X	X
Conocer el efecto de la envergadura del ala en la modificación de la sustentación respecto al caso de perfiles.	X	X		X	X	X	X
Distinguir los comportamientos aerodinámicos en régimen subsónico y supersónico. Justificar la morfología de perfiles y alas en ambos regímenes.	X	X	X	X	X	X	X
Comprender el concepto de capa límite y su papel fundamental en la generación de resistencia y la entrada en pérdida de los perfiles.	X		X	X	X		X
Conocer los principales dispositivos hipersustentadores: morfología, fundamento físico de funcionamiento, necesidad de los mismos y efectos sobre la generación de sustentación y resistencia.	X			X	X		X
Analizar cuantitativamente la variación de las necesidades propulsivas con la altura de vuelo y las prestaciones de los aeromotores con la misma.	X	X		X	X	X	X
Formular los problemas de actuaciones integrales y de punto de las aeronaves de ala fija.	X	X		X	X	X	X
Calcular techos de vuelo. Optimizar alcances y autonomías con modelos sencillos para las propiedades aerodinámicas y propulsivas de las aeronaves.	X	X		X	X	X	X
Comprender los problemas de estabilidad y control de las aeronaves. Justificar la existencia de los mandos (alergones y timones) y comprender su funcionamiento.	X			X	X	X	X
Plantear un modelo sencillo para el estudio de las aeronaves de alas giratorias.	X	X		X	X	X	X
Ser crítico con los problemas de diseño y análisis aerodinámico y de simulación en mecánica del vuelo, siendo capaz de valorar la complejidad técnica de dichas ciencias, de las que serán usuarios, y teniendo unos conocimientos básicos para analizar con espíritu crítico los datos que les puedan suministrar otros profesionales del área con los que establezcan contacto.	X		X			X	

9. CRONOGRAMA

Semana	Temas o actividades	ACTIVIDADES PRESENCIALES										ACTIVIDADES NO PRESENCIALES				TOTAL HORAS	ENTREGABLES		
		Convencionales					No convencionales					Estudio	Problemas propuestos	Informes prácticas					
		Clases de Teoría	Clases de problemas	Prácticas			Evaluación Formativa	Tutorías	Evaluación										
S1	L0	0.75	0.5										1				2.25		
S1	L1	0.75	0.5										1				2.25		
S1	L2	1.5	1										3				5.5		
S2	L3	1.5	1.5				0.75	0.5					3.5				7.75		
S2-3	L4	2	2				1	0.5					5				10.5		
S3-4	L5	2	1.5				1						4.5				9		
S4-5	L6	1.5	1.5	2			0.75						4	2	1.25		11.75		
S5	L7	1	1.5					0.5					3				6		
S6	L8	1	2	2									5		1.25		10	PP1	
S6-7	L9	1.5					1						2				4.5		
S7	PEI							2.5									2.5		
S7	L10	3	2.5				1						6	2			14.5		
S8	L11	1	1										2.5				4.5		
S8-9	L12	1											1.5				2.5	PP2	
S9-10	L13	2.5	2.5										6				11		
S10-11	L14	2.5	2.5				1						6				12		
S12	L15	1	1										2	2			6		
S12	L16	1											1.5				2.5		
S13	L17	1.5	1				1						3	2			8.5	PP3	
S13-14	L18	1.5					1						1.5				4		
S15	L19	1.5	1				1	1					3				7.5		
Exámenes								2.5										5	
Otros																			
Total horas		30	23.5	4	0	0	9.5	2.5	5	0	0	0	65	8	2.5	0	150		

L = Lección

11. BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS GENERALES INTRODUCTORIOS PARA LAS 3 PARTES:

- Anderson, J.D. Jr. *Introduction to flight*. 7th edition. McGraw Hill. 2008. Recoge todos los conocimientos fundamentales de aerodinámica y actuaciones de aeronaves, su nivel es introductorio
- Carmona, A.I. *Aerodinámica y actuaciones del avión*. 12^a edición. Paraninfo. 2004. Ha sido el texto tradicional seguido en la formación de pilotos, muchos de los contenidos están basados en este texto pero la asignatura profundiza en algunos aspectos cuantitativos que no se recogen en este manual.
- Franchini, S., López, O *Introducción a la Ingeniería Aeroespacial*. 2^a edición. Ed. Garceta 2011. Es el libro seguido en la introducción de la ingeniería aeroespacial en la EIAE de la UPM. Es una buena introducción a todas las ciencias aeroespaciales. Hay conocimientos de mecánica de fluidos que el alumno ha adquirido y tratado con más profundidad en la asignatura del grado y otros relacionados con espacio que el alumno no debe adquirir. Las partes de aerodinámica, propulsión y mecánica del vuelo están bien recogidas pero se pretende dar un nivel ligeramente superior al allí explicado.

AERODINÁMICA:

- Anderson, J.D. *Fundamentals of aerodynamics* . 3rd edition. McGraw Hill. 2001. Es un texto de introducción a la aerodinámica para ingenieros, recoge los principios fundamentales de esta parte y los amplía a un nivel superior al exigido en este curso.
- Houghton, E.L. y Carpenter, P.W. *Aerodynamics for Engineering Students*. 5th Edition. Butterworth – Heinemann. Es un libro similar al de Anderson, los conceptos fundamentales están bien recogidos y los amplía a niveles que no se pretenden alcanzar en este curso.
- Meseguer Ruiz, J., Sanz Andrés, A. *Aerodinámica Básica*. Publicaciones de la E.T.S.I. Aeronáuticos. Universidad Politécnica de Madrid. 2005. Es un libro de aerodinámica para Ingenieros Aeronáuticos, el nivel matemático es elevado y supera ampliamente el esperado.
- Abbot, I.H., Von Doenhoff, A.E. *Theory of wing sections*. Dover Publications Inc. 1949. Recoge algunos conceptos fundamentales y resultados de ensayos con perfiles NACA. Simplemente es obra de consulta.
- Katz, J., Plotkin, A. *Low-speed aerodynamics*. Cambridge Aerospace Series. En la línea de los dos primeros de este bloque.
- Anderson, J.D. Jr. *A History of Aerodynamics*. Ed. Cambridge University Press. Como curiosidad, para aprender sobre la historia de la aerodinámica como ciencia.

PROPULSIÓN:

- Apuntes de tecnología energética. Intentar entrar en textos específicos sobre propulsión excede el nivel que se pretende conseguir en este curso.

MECÁNICA DEL VUELO:

- Gomez Tierno, M.A. ,.... *Mecánica del Vuelo*. Publicaciones de la E.T.S.I. Aeronáuticos. Universidad Politécnica de Madrid. 2008. Libro para ingenieros aeronáuticos, la formulación matemática excede el nivel de este curso.
- Ashley, H. *Engineering analysis of flight vehicles*. Addison – Wesley. 1974.
- Miele, A. *Flight mechanics – I. Theory of flight paths*. Addison – Wesley. 1962.