



POLITÉCNICA

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

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

143002001 - Actuaciones, diseño y ensayos de aerorreactores

PLAN DE ESTUDIOS

14IB - Master universitario en ingeniería aeronáutica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017/18 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	4
5. Cronograma.....	7
6. Actividades y criterios de evaluación.....	10
7. Recursos didácticos.....	11

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	143002001 - Actuaciones, diseño y ensayos de aerorreactores
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14IB - Master universitario en ingeniería aeronáutica
Centro en el que se imparte	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
Curso académico	2017-18

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Gregorio Corchero Diaz	A S1 047	gregorio.corchero@upm.es	Sin horario.
Gregorio Lopez Juste		gregorio.lopez@upm.es	Sin horario.
Jose Luis Montañes Garcia (Coordinador/a)	A S1 041	joseluis.montanes@upm.es	M - 09:30 - 11:30 X - 09:30 - 11:30 V - 09:30 - 11:30

Jose Rodrigo Ramirez	A S1 041	jose.rodrigo@upm.es	V - 16:00 - 20:00
Luis Sanchez De Leon Peque	B325	luis.sanchezdeleon@upm.es	M - 12:00 - 14:00 J - 12:00 - 14:00
Maria Vega Aguirre Cebrian		mariavega.aguirre@upm.es	Sin horario.
Antonio Garcia Simon		antonio.garcia.simon@upm.es	Sin horario.
Consolacion Perez Alda		consolacion.perez@upm.es	Sin horario.
Juan Manuel Antoranz Perez		juanmanuel.antoranz@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. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

CE-SP-1 - Aptitud para proyectar, construir y seleccionar la planta de potencia más adecuada para un vehículo aeroespacial, incluyendo las plantas de potencia aeroderivadas.

CE-SP-6 - Conocimiento adecuado de Aerorreactores, Turbinas de Gas, Motores Cohete y Turbomáquinas.

CE-SP-7 - Capacidad para acometer el Diseño Mecánico de los distintos componentes de un sistema propulsivo, así como del sistema propulsivo en su conjunto.

CE-SP-8 - Capacidad para diseñar, ejecutar y analizar los Ensayos de Sistemas Propulsivos, y para llevar a cabo el proceso completo de Certificación de los mismos.

CE-SP-9 - Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Plantas Propulsivas de Vehículos Aeroespaciales.

CG1 - Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.

CG10 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

CG11 - 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.

CG12 - Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG13 - Ser capaz 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.

CG14 - 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.

CG15 - Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG16 - Capacidad de integrar el respeto al medio ambiente como actitud general en la gestión y el desempeño de sus actividades.

CG3 - Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.

CG4 - Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.

CG5 - Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.

CG6 - Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.

CG7 - Competencia para planificar, proyectar, gestionar y certificar los procedimientos, infraestructuras y sistemas que soportan la actividad aeroespacial, incluyendo los sistemas de navegación aérea.

CG8 - Competencia para el proyecto de construcciones e instalaciones aeronáuticas y espaciales, que requieran un proyecto integrado de conjunto, por la diversidad de sus tecnologías, su complejidad o por los amplios conocimientos técnicos necesarios.

CG9 - 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.

CT1 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios, así como cualquier información y documentación en lengua inglesa.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

CT6 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.

CT7 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales.

3.2. Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA1 - Analisis y Conocimiento a nivel de experto en la selección, diseño y ensayo de los aerorreactores

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

El objetivo fundamental de la asignatura es la formación a nivel de proyecto conceptual y diseño de aerorreactores y turbinas de gas. También se expondrán las técnicas de ensayos y los análisis de los mismos con las descripciones de los bancos en donde se realizan.

La docente de la asignatura se imparte en 4 h/s, durante un cuatrimestre de 15 semanas. Total 60 h lectivas.

Según la memoria de verificación del Master, la asignatura debe dar la competencia ?Capacidad para acometer el Diseño Mecánico de los distintos componentes de un sistema propulsivo, así como del sistema propulsivo en su conjunto?, para ello se cree necesario reservar parte de la docencia a la enseñanza de los materiales utilizados en los sistemas propulsivos, de su comportamiento, y de los ensayos a realizar, en vista al mantenimiento de los

mismos; por consiguiente, se reserva 1 h/s, en total 15 h lectivas, a este tipo de enseñanza, que la impartirá el Departamento de Materiales. El Departamento de ?Mecánico de Fluidos y Propulsión? se encargará de impartir 3 h/s, en total 45 h lectivas.

4.2. Temario de la asignatura

1. 1. Repaso de Actuaciones

1.1. 1.1. Líneas de Funcionamiento

1.2. 1.2. Soluciones Analíticas de Monojes, Biejes, Turbohélices y Turbinas de Gas, y Turbofanés

2. 2. Actuaciones de Compresores Axiales

2.1. 2.1. Formas de las Curvas Características. Análisis de las Curvas de Compresores Multietapas

2.2. 2.2. Problemas de Arranque

2.3. 2.3. Efectos del Número de Reynolds

2.4. 2.4. Inestabilidades del Compresor: ?Rotating Stall? y ?Surge?

2.5. 2.5. Análisis de Estabilidad

2.6. 2.6. Parámetros que Miden la Estabilidad del Compresor en Aerorreactores

3. 3. Refrigeración de Turbinas

3.1. 3.1. Cálculo de Temperatura Metálica

3.2. 3.2. Refrigeración Convectiva

3.3. 3.3. Refrigeración Pelicular

3.4. 3.4. Refrigeración por Impacto

3.5. 3.5. Efecto de la Refrigeración en el Rendimiento

4. 4. Actuaciones y Diseño de Cámaras de Combustión y Potcombustores

4.1. 4.1. Conceptos

4.2. 4.2. Proceso de Combustión

4.3. 4.3. Cinética Química

4.4. 4.4. Ignición

4.5. 4.6. Pérdida de Presión de Remanso

- 4.6. 4.5. Estabilidad de la Combustión y Mantenedores de Llama
- 4.7. 4.7. Perfiles de Temperatura a la Salida
- 5. 5. Actuaciones y Diseño de Entradas
 - 5.1. 5.1. Conceptos
 - 5.2. 5.2. Consideraciones de Diseño de Entradas Subsónicas
 - 5.3. 5.3. Entradas Supersónicas
- 6. 6. Actuaciones y Diseño de Toberas
 - 6.1. 6.1. Conceptos
 - 6.2. 6.2. Coeficiente de Descarga
 - 6.3. 6.3. Coeficiente de Empuje
 - 6.4. 6.4. Resistencia de Exterior de Salida
- 7. 7. Transitorios
 - 7.1. 7.1. Caso de Variables Fluidodinámicas Cuasi Estacionarias
 - 7.2. 7.2. Tiempo de Aceleración de Sistemas Monojejes
 - 7.3. 7.3. Control y Límites en el Proceso de Aceleración y Desaceleración
 - 7.4. 7.4. Efecto de Acumulación de Masa
 - 7.5. 7.5. Inercia Térmica
 - 7.6. 7.6. Proceso de Arranque
- 8. 8. Regímenes y Control
- 9. 9. Bancos de Ensayos
- 10. 10. Análisis de Ensayos
- 11. 11. Introducción a los ensayos no destructivos: Objeto, etapas, clasificación de los distintos métodos.
- 12. 12. Ultrasonidos: Fundamento, técnicas utilizadas, aplicaciones en el campo aeroespacial, ventajas e
- 13. 13. Corrientes inducidas: Fundamento, técnicas utilizadas, aplicaciones en el campo aeroespacial, ventajas e
- 14. 14. Líquidos penetrantes: Fundamento, técnicas utilizadas, aplicaciones en el campo aeroespacial, ventajas e
- 15. 15. Partículas magnéticas: Fundamento, técnicas utilizadas, aplicaciones en el campo aeroespacial, ventajas e
- 16. 16. Radiografía: Fundamento, técnicas utilizadas, aplicaciones en el campo aeroespacial, ventajas e

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<p>Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Modelos de Refrigeración en Análisis de Ciclo Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Temas 11 y 12 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Análisis de Ciclo con Propiedades de Gas Variable Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 12 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Análisis de Ciclo con Propiedades de Gas Variable Duración: 00:01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Temas 13 y 14 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 15 y 16 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de Problemas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

5	<p>Realización de Problemas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Temas 2 y 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p>Realización de Problemas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p>Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Programa De Cálculo de Actuaciones Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p>Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Programa De Cálculo de Actuaciones Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p>Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicio Actuaciones Monoeje. Utilización de Códigos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Conocimientos Teóricos sobre el Programa de Materiales EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00</p>
10	<p>Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Actuaciones Bieje. Utilización de Códigos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Realización de una Memoria con las Prácticas Realizadas EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Duración: 01:00</p>
11	<p>Temas 5 y 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicio Actuación Turbafanes. Utilización de Códigos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Prueba de Evaluación Intermedia Parte de de Aerorreactores EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p>
12	<p>Temas 6 y 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicio Actuación Turbohélices Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

13	Tema 7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	Tema 8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	Temas 9 y 10 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<p>Presentación de una Memoria sobre las Prácticas Realizadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p>Aplicación de los simuladores a la resolución de aerorreactores TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 04:00</p>
16				<p>Prueba de Evaluación Intermedia EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30</p> <p>Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 04:00</p>

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Conocimientos Teóricos sobre el Programa de Materiales	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	%	5 / 10	CE-SP-1 CE-SP-7
10	Realización de una Memoria con las Prácticas Realizadas	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	25%	5 / 10	CE-SP-1
11	Prueba de Evaluación Intermedia Parte de de Aerorreactores	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	5 / 10	CE-SP-8 CE-SP-1 CE-SP-6 CE-SP-7 CE-SP-9
15	Presentación de una Memoria sobre las Prácticas Realizadas	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:30	%	5 / 10	CE-SP-8 CE-SP-1 CE-SP-6 CE-SP-7 CE-SP-9
15	Aplicación de los simuladores a la resolución de aerorreactores	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	04:00	5%	5 / 10	CG6 CT7
16	Prueba de Evaluación Intermedia	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	5 / 10	CE-SP-6 CE-SP-7 CE-SP-9 CE-SP-8 CE-SP-1

6.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	95%	5 / 10	CE-SP-8 CE-SP-1 CE-SP-6 CE-SP-7 CE-SP-9

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

6.2. Criterios de evaluación

La asignatura está dividida en dos partes

Parte de Aerorreactores valdrá el 75% de la nota final. Se realizarán dos pruebas de evaluación intermedia que si se aprueban, en media, se liberará esta parte para el examen final. Si se aprueba alguna prueba intermedia, el alumno solo tendrá que examinarse de la parte no aprobada tanto en el examen ordinario como el extraordinario. La nota que obtenga en dicha prueba hará media con la aprobada de la prueba intermedia para obtener la nota final de Aerorreactores.

Parte de Materiales valdrá el 25% de la nota final. Se realizarán prácticas que permitirán liberar esta parte antes del examen final.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
"Mechanics and Thermodynamics of Propulsion" (2nd edition). Hill & Peterson pp. 288, 303 / Sec. 7.4, 7.5 y pp. 393, 401 / Sec. 8.5, 8.6	Bibliografía	Para Actuaciones y Diseño de Compresores y Turbinas
"Aircraft Engines and Gas Turbines" (2nd edition). Kerrebrock pp. 250, 266 / Sec. 5.6, 5.7 y pp. 296, 310 / Sec. 6.3	Bibliografía	Para Actuaciones y Diseño de Compresores y Turbinas
"Gas Turbine Theory". Cohen, Rogers & Saravanamuttoo pp. 213, 220 / Sec. 5.12, 5.13 y pp. 292, 301 / Sec. 7.6	Bibliografía	Para Actuaciones y Diseño de Compresores y Turbinas

"Aircraft Propulsion System Technology and Design". Oates pp. 340, 346 / Sec. 6.1, 6.	Bibliografía	Para Actuaciones y Diseño de Compresores y Turbinas
"Mechanics and Thermodynamics of Propulsion" (2nd edition). Hill & Peterson pp. 217, 241 / Sec. 6.1, 6.2, 6.3	Bibliografía	Para Entradas
"Aircraft Engines and Gas Turbines" (2nd edition). Kerrebrock pp. 120, 139 / Sec. 4.2	Bibliografía	Para Entradas
"Aircraft Engine Design". Mattingly, Heiser & Daley pp. 353, 383 / Sec. 10.1, 10.2	Bibliografía	Para Entradas
"Mechanics and Thermodynamics of Propulsion" (2nd edition). Hill & Peterson pp. 242, 262 / Sec. 6.4, 6.5	Bibliografía	Para Cámaras de Combustión y Postcombustores
"Aircraft Engines and Gas Turbines" (2nd edition). Kerrebrock pp. 154, 164 / Sec. 4.4 (4.4.1, 4.4.2, 4.4.3 y 4.4.4)	Bibliografía	Para Cámaras de Combustión y Postcombustores
"Aircraft Engine Design". Mattingly, Heiser & Daley pp. 295-330 / Sec. 9.1, 9.2, 9.3	Bibliografía	Para Cámaras de Combustión y Postcombustores
Apuntes	Bibliografía	Todo el Temario
Métodos de Ensayos no Destructivos. E. Ramírez y col. INTA, 1996	Bibliografía	Para los contenidos de Materiales