



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

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

**145007503 - Aerorreactores**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer 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.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	145007503 - Aerorreactores
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<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 Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Luis Montañes Garcia (Coordinador/a)	AS141	joseluis.montanes@upm.es	L - 11:30 - 13:30 X - 11:30 - 13:30 V - 11:30 - 13:30
Gregorio Lopez Juste	AS143	gregorio.lopez@upm.es	Sin horario.
Francisco Sastre Matesanz	B235	francisco.sastre@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

- Transporte De Calor Y Masa
- Termodinamica
- Mecanica De Fluidos
- Mecanica De Fluidos li
- Tecnologia Aeroespacial
- Termodinamica Aplicada

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

El plan de estudios Grado en Ingeniería Aeroespacial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE45 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los conceptos y leyes que gobiernan la combustión interna, su aplicación a la propulsión cohete.

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

RA204 - Conocer las necesidades propulsivas de las aeronaves.

RA205 - Conocer los empujes y resistencias relacionados con los aerorreactores.

RA207 - Saber realizar un balance energético diferenciando y calculando los rendimientos involucrados.

RA211 - Utilizar herramientas informáticas de cálculo de actuaciones de aerorreactores.

RA212 - Conocer el efecto de las condiciones de vuelo: velocidad y altitud en el funcionamiento de los aerorreactores.

RA209 - Conocer los diferentes aerorreactores y saber obtener los sistemas óptimos bajo el punto de vista de propulsivo.

RA210 - Dimensionar los componentes que intervienen en sistema propulsivo.

RA213 - Conocer los problemas ambientales de los aerorreactores y sus posibles soluciones.

RA214 - Redactar informes técnicos y hacer exposiciones orales técnicas relacionadas con lo anterior.

RA208 - Saber resolver problemas relacionados con el cálculo de los ciclos termodinámicos y las características de los aerorreactores; así como el efecto de las características y calidad de los componentes.

RA215 - Resolver problemas derivados del ámbito de la materia de forma autónoma y en colaboración con otros.

RA206 - Conocer y cuantificar de forma aplicada el proceso de combustión de los aerorreactores y el rendimiento de la combustión.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo fundamental de la asignatura es la formación, a nivel de experto, en problemas de utilización, selección y actuaciones de motores de reacción utilizados en aeronáutica (aerorreactores) y turbinas de gas. Además, se darán conocimientos sobre los problemas ambientales (contaminación y ruido) que se originan en el aeropuerto debido a los aerorreactores.

El tipo de docencia será prioritariamente presencial, pero en función de la normativa vigente podría ser no presencial.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Concepto de rendimiento Propulsivo
- 1.2. Motores y Propulsores
- 1.3. Rendimiento motor, de propulsión y global
- 1.4. Desarrollo histórico de la propulsión por chorro
- 1.5. Fabricantes de motores de turbinas de gas y nombres de motores

#### 2. NECESIDADES PROPULSIVAS

- 2.1. Potencia específica en exceso
- 2.2. Análisis de restricciones
- 2.3. Selección de empuje/peso
- 2.4. Dimensionado del motor
- 2.5. Autonomía y radio de acción

#### 3. ANÁLISIS DEL CICLO BRAYTON

- 3.1. Hipótesis y nomenclatura. Variables de remanso.
- 3.2. Toma dinámica. Pérdida de presión de remanso.
- 3.3. Compresor. Rendimientos adiabático y politrópico.
- 3.4. Cámara de combustión. Poder calorífico del combustible y rendimiento de la combustión.
- 3.5. Turbina. Rendimientos adiabático y politrópico.
- 3.6. Toberas. Tobera bloqueada.
4. APLICACIÓN DE LAS ECUACIONES INTEGRALES DE MF.
  - 4.1. Ecuación de continuidad.
  - 4.2. Ecuación de cantidad de movimiento. Resistencias adicional y externa.
  - 4.3. Ecuación de la energía. Poder calorífico del combustible y rendimiento de la combustión.
  - 4.4. Balance energético.
5. COMPORTAMIENTO MOTOR Y PROPULSOR DE AERORREACTORES.
  - 5.1. Análisis simplificado del ciclo. Rendimiento global de compresión y de expansión.
  - 5.2. Potencia motora adimensional y rendimiento motor.
  - 5.3. Impulso específico y rendimiento de la propulsión.
  - 5.4. Cálculo simplificado de actuaciones. Variación de las variables específicas con la altura y velocidad de vuelo.
    - 5.4.1. Cálculo del gasto másico. Variación de las actuaciones del sistema con la altura y velocidad de vuelo.
6. TURBOHÉLICES Y SU OPTIMIZACIÓN.
  - 6.1. Planteamiento del problema. Tracción y empuje.
  - 6.2. Parámetros que caracterizan el ciclo del TH: Potencia específica de la hélice y velocidad de salida.
  - 6.3. Valores óptimos de los parámetros y su discusión en función de las condiciones de vuelo y de la potencia del TB origen.
  - 6.4. Potencia útil y rendimiento propulsivo óptimos. Estudio del caso ideal
  - 6.5. Definiciones empleadas en TH.
7. TURBOFANES Y SU OPTIMIZACIÓN.
  - 7.1. Planteamiento del problema. Flujos primario y secundario (caliente y frío). Configuraciones.
  - 7.2. Parámetros que caracterizan el ciclo del TF: relación de derivación y relación de compresión del fan.

- 7.3. Valores óptimos de los parámetros y su discusión en función de las condiciones de vuelo y de la potencia del TB origen.
- 7.4. Potencia útil y rendimiento propulsivo óptimos. Estudio del caso ideal.
- 7.5. Evolución de los TF utilizados. Optimización para una relación de derivación dada.
- 7.6. TF de flujo mezclado.
8. CONCEPTOS FUTUROS DE MOTORES.
  - 8.1. Nuevas configuraciones de TF.
9. SISTEMAS INCREMENTADORES DE EMPUJE.
  - 9.1. Necesidad de los mismos.
  - 9.2. Sistemas de inyección de agua. Inyección en el compresor. Inyección en la cámara de combustión.
  - 9.3. Sistemas postcombustor. Elementos que lo componen. Necesidad de toberas variables.
  - 9.4. Incremento de empuje, consumo y consumo específico en el caso ideal.
  - 9.5. Caso real. Bloqueo térmico. Parámetro de combustible máximo. Incremento del empuje función de la temperatura y del Mach de entrada.
10. ESTUDIO DE ACTUACIONES DE COMPONENTES.
  - 10.1. Planteamiento del problema de las actuaciones de los componentes.
  - 10.2. Parámetros adimensionales de un aerorreactor.
  - 10.3. Actuaciones del compresor.
  - 10.4. Actuaciones de la cámara de combustión.
  - 10.5. Actuaciones de la turbina.
  - 10.6. Actuaciones de la entrada.
  - 10.7. Actuaciones de la tobera de salida.
11. CÁLCULO ANALÍTICO DE LAS ACTUACIONES DE LOS AERORREACTORES
  - 11.1. Planteamiento del problema: variables adimensionales y ecuaciones.
  - 11.2. Resolución del generador de gas monoeje.
  - 11.3. Resolución del aerorreactor.
  - 11.4. Líneas de funcionamiento y curvas características.
  - 11.5. Reducción de datos a la atmósfera estándar.
  - 11.6. Efecto de la temperatura y presión ambiente en el empuje de despegue.



11.7. Motores de empuje constante.

11.8. Medición del empuje a través del EPR.

## 12. PROBLEMAS AMBIENTALES DE LOS AERORREACTORES.

12.1. Emisiones.

12.2. Contaminación.

12.3. Ruido.

## 13. TURBINAS DE GAS

13.1. Diferencias del ciclo utilizado en TB.

13.2. TG de aplicación industrial. Aeroderivadas.

13.3. TG de aplicación en transportes.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
4	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
5	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	

7	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
8	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
9	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
10	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Preguntas y Ejercicios de aspectos teóricos y prácticos.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
11	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
12	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
13	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
14	<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	

15	<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Temario</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
16				<b>Segunda Evaluación de la asignatura a realizar junto con el examen final.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00
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
10	Preguntas y Ejercicios de aspectos teóricos y prácticos.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	5 / 10	CE45 CE49 CG3 CG9
16	Segunda Evaluación de la asignatura a realizar junto con el examen final.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	35%	5 / 10	CE45 CE49 CG3 CG9

#### 7.1.2. 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	100%	5 / 10	CE45 CE49 CG3 CG9

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Se ha marcado la opción de tipo de examen presencial porque esa será la prioritaria, pero está sujeta a la normativa vigente y algún examen podría ser no presencial.

El exámenes parciales tratan de evaluar el conocimiento del alumno en los temas básicos por eso constarán de un test y/o de ejercicios cortos; todo ello realizado sin ayuda de ningún tipo de referencia. El aprobado permitirán al alumno liberar la parte del examen teórico en el examen final de la asignatura.

El valor total de la parte teórica tiene un valor total de la asignatura del 65%.

Los problemas y proyectos pretenden que el alumno sea capaz de evaluar con un grado de aproximación suficiente las actuaciones de los distintos tipos de aerorreactores mediante los modelos explicados en las clases. Esto animará a los alumnos a adquirir las destrezas necesarias y le permitirá desplegar una actividad en la iniciativa personal y la creatividad que serán muy útiles para enfrentarse al mundo profesional en relación con los temas de propulsión aérea.

En el examen final se evaluara el conjunto de conocimientos adquiridos.

Se hará mediante la realización de una parte teórica y la realización de problemas con ayuda de las referencias que se consideren oportunas. Esta parte valdrá el 35% de la nota final.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
HILL Y PETERSON. "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion".	Bibliografía	
GORDON C. OATES. "Aerothermodynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion".	Bibliografía	

GORDON C. OATES. "Aerothermodynamics of Aircraft Engine Components".	Bibliografía	
GORDON C. OATES. "Aircraft Propulsion Systems Technology and Design".	Bibliografía	
KERREBROCK. "Aircraft Engines and Gas Turbines".	Bibliografía	
JACK D. MATTINGLY. "Elements of Gas Turbine Propulsion".	Bibliografía	
COHEN, ROGERS Y SARAVANAMUTTOO. "Teoría de las Turbinas de Gas".	Bibliografía	
R. DOUGLAS ARCHER Y MAIDA SAARLAS."An Introduction to Aerospace Propulsion".	Bibliografía	
"The Jet Engine". Rolls Royce. Configuración.	Bibliografía	
"The Aircraft Gas Turbine Engine and its Operation". Ed. Pratt & Whitney. Configuración.	Bibliografía	
KLAUS HÜNECKE. "Jet Engines: Fundamentals of Theory, Design and Operation". Configuración.	Bibliografía	
Apuntes de la Asignatura	Bibliografía	
Espacio Moodle UPM	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.