



## GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

### ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

## PLAN 14IA - GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

Código **145007201**

Asignatura **MOTORES COHETE**

Nombre en Inglés **ROCKET PROPULSION**

Materia **PROPULSIÓN AEROESPACIAL**

Especialidad **PA**

Idiomas **CASTELLANO**

**Curso** CUARTO

**Semestre** SÉPTIMO

**Carácter** OBE

**Créditos** 4,5 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Los Motores Cohete se utilizan en diversos sistemas aéreos y espaciales como sistema de propulsión principal o auxiliar. En vuelo atmosférico se utilizan en tareas muy específicas para la propulsión de misiles y en los vehículos lanzadores que permiten el acceso al espacio. En el ámbito espacial son, desde un punto de vista práctico, los únicos sistemas de propulsión que se utilizan, constituyendo una parte esencial del vehículo espacial.

La asignatura aborda la descripción del estado tecnológico actual de los motores cohete. En este sentido se hace énfasis en conocer y comprender los principios de funcionamiento de los diversos sistemas; seleccionar y aplicar las metodologías de análisis más adecuadas y evaluar los resultados obtenidos desde diversos prismas, en el que uno de los más importantes pueda ser el grado de cumplimiento de las expectativas que inicialmente se hayan marcado en el diseño/desarrollo del producto.

En un primer bloque se estudian los principios básicos de funcionamiento y los modelos que permiten la descripción de las actuaciones de los sistemas clásicos de propulsión fluidodinámica. A continuación, se estudian con cierto detalle cada uno de los sistemas, dentro de los motores cohete termoquímicos, se dedica un tiempo importante a los de propulsante sólido y propulsante líquido y, en el ámbito de la propulsión eléctrica, se describen los aspectos más importantes del funcionamiento de los diversos sistemas.

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

### a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Asignaturas superadas:**

**Otros requisitos:**

### b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Se recomienda tener superadas las Asignaturas:**

- Tecnología Aeroespacial.
- Termodinámica.
- Mecánica de Fluidos I y II.
- Transporte de Calor y Masa.

**Otros Conocimientos:**

## 3. COMPETENCIAS

- 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.
- 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.

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA01.-** Conocimiento y comprensión de las leyes que gobiernan el movimiento de vehículos propulsados con motores cohete; la generación de empuje y las variables de las que depende.
- RA02.-** Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis del modelo ideal de los motores cohete de propulsión fluidodinámica y de la influencia de efectos reales.
- RA03.-** Conocimiento de los propulsores y comprensión y del proceso de combustión de los motores cohete de propulsante sólido, líquido e híbridos.
- RA04.-** Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis del sistema de ionización y de aceleración de los motores cohete eléctricos.
- RA05.-** Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis de los sistemas de alimentación y refrigeración.
- RA06.-** Capacidad para comprender y simular los procesos físico-matemáticos de los motores cohete y para abordar tanto el problema de actuaciones como el de síntesis o diseño.

## 5. PROFESORADO

**Departamento:** MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

**Coordinador de la Asignatura:** Enrique CABRERA REVUELTA.

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
CABRERA REVUELTA, Enrique	<a href="mailto:enrique.cabrera@upm.es">enrique.cabrera@upm.es</a>	Edificio 2
LOPEZ JUSTE, Gregorio	<a href="mailto:gl.juste@upm.es">gl.juste@upm.es</a>	Edificio 1
MORENO BENAVIDES, Efrén	<a href="mailto:efren.moreno@upm.es">efren.moreno@upm.es</a>	Edificio 1
TIZÓN PULIDO, Juan Manuel	<a href="mailto:jm.tizon@upm.es">jm.tizon@upm.es</a>	Edificio 1

Los horarios de tutorías estarán publicados en MOODLE.

## 6. TEMARIO

- Lección 1: Propulsión mediante Motores Cohete
- Lección 2: Empuje y estudio propulsivo
- Lección 3: Misiones y análisis de utilización
- Lección 4: Conceptos de Aero termoquímica
- Lección 5: Modelo ideal de Motor Cohete
- Lección 6: Actuaciones y diseño de toberas
- Lección 7: Estudio teórico y experimental de efectos reales
- Lección 8: Motores Cohete de propulsante sólido
- Lección 9: Propulsores sólidos

Lección 10: Actuaciones de Motores Cohete de propulsante sólido

Lección 11: Cinemática de superficies de combustión

Lección 12: Motores Cohete de propulsante líquido

Lección 13: Cámaras de empuje

Lección 14: Introducción a las Turbomáquinas

Lección 15: Sistema de alimentación mediante turbomáquinas

Lección 16: Sistema de alimentación por presurización

Lección 17: Propulsión eléctrica

Lección 18: Motores cohete electrostáticos

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad de Evaluación
1	Lección 1: 1LM Lección 2: 2LM	
2	Lección 3: 2LM Lección 2: 1RPA	Primer trabajo voluntario
3	Lección 5: 2LM Lección 3: 1RPA	
4	Lección 5: 2LM Lección 5: 1RPA	
5	Lección 6: 1LM Lección 5,6: 2RPA	
6	Lección 6,7: 2LM Lección 7: 1RPA	
7	Lección 8,9: 2LM Lección 8: 1RPA	
8	Lección 9,10: 2LM Lección 8: 1RPA	Examen parcial
9	Lección 10,11: 1LM Lección 5: 1LM Lección 9: 1RPA	Segundo trabajo
10	Lección 12,13: 2LM Lección 9: 1RPA	
11	Lección 13: 2LM Lección 13: 1RPA	
12	Lección 15: 2LM Lección 15: 1RPA	
13	Lección 15,16: 2LM Lección 15: 1RPA	
14	Lección 17,18: 2LM Lección 16: 1RPA	

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad de Evaluación
15	Lección 18: 1LM Lección 18,r: 1RPA	Evaluación de trabajos
16		Examen final

### b) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	EPD	LM	PL	RPA	TP	Otros*
ECTS	2,7	1,0		0,5		

LM: LECCIÓN MAGISTRAL

PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

RPA: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA

TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS

\*Otros (especificar):

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	Juan Manuel TIZÓN PULIDO
<b>Vocal:</b>	Efrén MORENO BENAVIDES
<b>Secretario:</b>	Enrique CABRERA REVUELTA
<b>Suplente:</b>	Gregorio LÓPEZ JUSTE

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
8		SEF		1h	> 33%	5,0	
16		SEF	POPF	3h	< 66%	5,0	

### c) Criterios de Evaluación.

#### Motivación:

El examen parcial (al final del Tema 3) incentiva el estudio de la primera parte de la asignatura en la que se repasan conocimientos básicos y útiles a lo largo del curso. Este examen no libera materia pues la temática es de utilidad en todo el curso. El peso en la nota final del examen parcial es del 33%, siempre y cuando suponga una mejora de la nota final obtenida.

A lo largo del curso se propondrá la realización de dos o tres trabajos voluntarios para llevar a cabo en grupos de 4 alumnos. Para poder acceder a realizar esta actividad los integrantes del grupo deben obtener una nota media colectiva de al menos 6.0 en el parcial de la semana 8. La calificación de estos trabajos tendrá un peso máximo del 30% de la nota final (para interpretar adecuadamente este porcentaje analícese la fórmula en la que interviene).

**Calificación:**

Examen parcial: Consta de 4 ejercicios de aplicación cortos (10-15 min. por ejercicio). La única información disponible durante la prueba es la proporcionada en el enunciado y la ayuda de una calculadora no programable. Todos los ejercicios cuentan igual:  $N_{parcial} = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)/4$

Examen final: Consta de una parte de teoría y una de problemas. Habitualmente la teoría consiste en 4 preguntas cortas (10 min. cada una, a cumplimentar sin información adicional) y la parte de problemas consiste en dos ejercicios (50 min. cada uno, a resolver con material adicional cuya cantidad y naturaleza se establece en el momento del examen). La calificación de esta prueba se elabora con la siguiente fórmula:  $N_{final} = (2N_T + N_{P1} + N_{P2})/4$

Calificación resultado de las pruebas objetivas:

$$N_{final} \leftarrow \max \left[ N_{final}, \frac{1}{3} (2N_{final} + N_{parcial}) \right]$$

Los trabajos voluntarios realizados tienen un peso máximo del 30% y se incorporan a la calificación final mediante la fórmula:

$$N_{final} \leftarrow N_{final} + 0.3N_{trabajos}(1 - N_{final}/10)$$

Los trabajos voluntarios contribuyen únicamente de forma aditiva a la nota final. Por otra parte, solo se procede a aplicar las formulas anteriores compensando partes no aprobadas ( $N = 5$ ) cuando  $N_{T,P1,2} \geq 2$ .

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
BARRERE. "Rocket Propulsion". Ed. Elsevier, 1960.	Bibliografía	
DAVENAS, A. "Solid Rocket Propulsion Technology". Ed. Pergamon Press, 1993.	Bibliografía	
GOEBEL, D.M. Y KATZ, I. "Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters". JPL Space Science and Technology Series, March 2008.	Bibliografía	
HILL, P.C. PETERSON. "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion". Ed. Addison-Wesley, 1992.	Bibliografía	
HUMBLE, R.W., HENRY. G.N. Y LARSON, W.J. "Space Propulsion Analysis and Design". Ed. McGraw-Hill co., 1995.	Bibliografía	
HUZEL, K. Y HUANG "Modern Engineering for Desing of Liquid Propellant Rocket Engines". AIAA Pub., 1992.	Bibliografía	
JAHN "Physics of Electric Propulsion". Ed. McGraw-Hill, 1968; Dover Mineola, 2006.	Bibliografía	
SUTTON, G.P. Y BIBLARZ, O. "Rocket Propulsion Elements". Ed. John Wiley, New York, 2001.	Bibliografía	

Descripción	Tipo	Observaciones
Diversas revistas en la biblioteca del centro:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Progress in Astronautics and Aeronautics.</li> <li>▪ Journal of Spacecraft and Rockets.</li> <li>▪ Journal of Propulsion and Power.</li> </ul>	Bibliografía	
-----		
Páginas web (se citan algunas):		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.spaceandtech.com/spacedata/engines/engines.shtml">http://www.spaceandtech.com/spacedata/engines/engines.shtml</a></li> <li>▪ <a href="http://www.astronautix.com/engines/">http://www.astronautix.com/engines/</a></li> <li>▪ <a href="http://tpsx.arc.nasa.gov/">http://tpsx.arc.nasa.gov/</a></li> <li>▪ <a href="http://www.nist.gov/index.html">http://www.nist.gov/index.html</a></li> </ul>	Recursos Web	
-----		
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.

## 10. OTRA INFORMACIÓN

El Temario (punto 6), el Plan de Trabajo (punto 7) y el Sistema de Evaluación (punto 8) podrán sufrir modificaciones en razón del número de alumnos que cursen la asignatura, con la finalidad de adaptar los medios y métodos para un correcto desarrollo del curso. Dichas modificaciones se comunicaran oportunamente.