



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

143000121 - Propulsión Espacial Y Lanzadores

PLAN DE ESTUDIOS

14SA - Master Universitario En Sistemas Espaciales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - 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.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	143000121 - Propulsión Espacial y Lanzadores
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14SA - Master Universitario en Sistemas Espaciales
Centro responsable de la titulación	14 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Aeronáutica Y Del Espacio
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Luis Sanchez De Leon Peque	B325	luis.sanchezdeleon@upm.es	L - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
Jose Luis Montañes Garcia (Coordinador/a)	AS141	joseluis.montanes@upm.es	M - 09:30 - 11:30 X - 09:30 - 11:30 V - 09:30 - 11:30

Francisco Sastre Matesanz	B325	francisco.sastre@upm.es	L - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00
---------------------------	------	-------------------------	--

* 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

El plan de estudios Master Universitario en Sistemas Espaciales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Termodinámica
- Mecánica de Fluidos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

E08 - Analizar los mecanismos de propulsión espacial y el funcionamiento de los vehículos lanzadores

4.2. Resultados del aprendizaje

RA14 - Entender los problemas del diseño de los vehículos lanzadores y de reentrada.

RA18 - Identifica y resuelve problemas aplicando los conocimientos adquiridos.

RA20 - Razona críticamente y de forma asociativa

RA26 - El objetivo de la asignatura es que los estudiantes adquieran la formación necesaria sobre los sistemas de propulsión espacial y el modo en que interaccionan con los vehículos espaciales, pues el diseño de un cierto vehículo espacial resulta estar fuertemente condicionado por el lanzador que ha de ponerlo en órbita.

RA27 - El estudiante debe ser capaz de seleccionar el motor cohete más apropiado para una misión definida, y saber calcular los parámetros básicos del motor cohete y su dimensionado

RA17 - Utiliza herramientas analíticas y numéricas que son objeto de otras asignaturas del plan de estudios.

RA16 - Comprende la relevancia de las ciencias básicas y su aplicación en la ingeniería

RA21 - Se comunica correctamente de forma oral y escrita

RA19 - Se integra y forma parte activa de equipos de trabajo

RA10 - RA10 - Desarrollar un trabajo apropiado en relación a los contenidos de la asignatura

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que el estudiante adquiera la formación necesaria sobre los sistemas de propulsión espacial y el modo en que interaccionan con los vehículos espaciales, pues el diseño de un cierto vehículo espacial resulta estar fuertemente condicionado por el lanzador que ha de ponerlo en órbita.

Se pretende, en particular, que el estudiante adquiera los conocimientos que gobiernan las leyes de los sistemas propulsados por motores cohete, así como los distintos sistemas utilizados y sus propulsores. El estudiante debe ser capaz de seleccionar el motor cohete más apropiado para una misión definida, y saber calcular los parámetros básicos del motor cohete y su dimensionado. Finalmente, debe ser capaz de dar las características necesarias para su diseño y entenderse con la comunidad encargada de diseñar y construir motores cohete.

La metodología de enseñanza y aprendizaje está articulada en torno al desarrollo de clases de presentación de contenidos, complementadas con clases prácticas guiadas y sesiones en el centro de cálculo para el aprendizaje y manejo de herramientas de software relevantes para la industria aeroespacial.

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 y misiones

- 1.1. Definición de Empuje y estudio propulsivo
- 1.2. Tecnologías y aplicaciones

2. El motor cohete ideal

- 2.1. Ecuación del cohete
- 2.2. Expansión ideal en toberas
- 2.3. Regímenes de funcionamiento en toberas
- 2.4. Definición del Impulso Específico, coeficiente de empuje y parámetro de velocidad característica
- 2.5. Relación de áreas óptima e Impulso Total óptimo

3. Motores Cohete de Propulsante Sólido

- 3.1. Descripción, clasificación y aplicaciones
- 3.2. Fenómenos de combustión y velocidad de recesión
- 3.3. Diseño y actuaciones

4. Motores Cohete de Propulsante Líquido

- 4.1. Descripción, clasificación y aplicaciones
- 4.2. Análisis de utilización
- 4.3. Sistemas de inyección
- 4.4. Cámaras de empuje
- 4.5. Refrigeración de toberas
- 4.6. Diseño, optimización y actuaciones de ciclos turboalimentados
- 4.7. Diseño, optimización y actuaciones de ciclos presurizados

5. Vehículos lanzadores

- 5.1. Requisitos de misión y necesidades propulsivas
- 5.2. Vehículos lanzadores multietapa
- 5.3. Lanzadores actuales y alternativos
- 6. Motores cohete electrostáticos
 - 6.1. Descripción, clasificación y aplicaciones
 - 6.2. Sistemas de ionización y aceleración de iones
 - 6.3. Estudio del diodo plano y actuaciones
- 7. Motores cohete de arco eléctrico
 - 7.1. Descripción y análisis de funcionamiento
 - 7.2. Estudio del arco contenido sin flujo
 - 7.3. Estudio del arco contenido con corriente paralela

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
2	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
3	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
4	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
5	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
6	Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00

7	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
8				<p>Examen parcial I EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p> <p>Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p>
9	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
10	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p> <p>Entrega de informe en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p>
11	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
12	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p> <p>Entrega de informe en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p>

13	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
14	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p> <p>Entrega de informe en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p>
15	<p>Clase teórica en el aula (L & M) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas en grupo (X) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Clase de prácticas en el centro de cálculo - EcosimPro/LPRES Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega de problemas realizados en grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
16				<p>Examen parcial II EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</p> <p>Entrega de informe individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p>
17				<p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
2	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
3	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
4	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
5	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
6	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
7	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
8	Examen parcial I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08

8	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
9	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
10	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
10	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
11	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
12	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
12	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
13	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
14	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
14	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
15	Entrega de problemas realizados en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	.71%	/ 10	E08
16	Examen parcial II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08

16	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	/ 10	E08

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Examen parcial I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08
8	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
10	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
12	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
14	Entrega de informe en grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
16	Examen parcial II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	15%	/ 10	E08
16	Entrega de informe individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	12:00	11%	/ 10	E08
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	/ 10	E08

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 ésa será la prioritaria, pero está sujeta a la normativa vigente y algún examen podría ser no presencial.

La evaluación será obtenida como la media ponderada entre:

- 45% la nota obtenida en los exámenes escritos (parciales I & II + final)
- 55% la nota obtenida en los trabajos individuales y en grupo entregados a lo largo del curso

Adicionalmente, por evaluación continua (entrega de problemas semanales), se podrá conseguir otro punto adicional (10% de la nota), que sólo suma, en cualquier caso (se evalúa sobre el 110% de la nota por continua, por tanto), y solamente para la convocatoria ordinaria.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
presentaciones de la asignatura	Recursos web	disponibles en Moodle
enunciados de problemas y exámenes de otros años	Recursos web	disponibles en Moodle
Hill & Peterson, "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion"	Bibliografía	Addison-Wesley, 1992
Sutton & Biblarz, "Rocket Propulsion Elements"	Bibliografía	John Wiley, 2001
The International Handbook of Space Technology	Bibliografía	2014
Lecturas recomendadas	Bibliografía	Publicaciones y referencias que, por su interés, son de lectura recomendada para profundizar en algunos temas; disponibles en Moodle