



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**143003024 - El Entorno Espacial**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IB - Master Universitario En Ingeniería Aeronautica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	143003024 - El Entorno Espacial
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	14IB - Master Universitario en Ingeniería Aeronautica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jose Manuel Donoso Vargas (Coordinador/a)	A169	josemanuel.donoso@upm.es	Sin horario. Se dará horario (6 horas) al iniciar el curso.
Jose Javier Honrubia Checa	A176	javier.honrubia@upm.es	Sin horario. Se dará horario (6 horas) al iniciar el curso.

Jorge Gonzalez Muñoz	B109	jorge.gonzalez@upm.es	Sin horario. Se dará horario (6 horas) al iniciar el curso.
Manuel Ruiz Delgado	A168	manuel.ruizd@upm.es	Sin horario. Se dará horario (6 horas) al iniciar el curso.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Miguel Angel Gomez Tierno	miguelangel.gomez@upm.es	ETSIAE

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Mecánica De Fluidos Avanzada

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

- Mecanica de Fluidos

- Ecuaciones diferenciales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-VA-1 - Aptitud para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales.

CE-VA-7 - Conocimientos y capacidades que permiten comprender y realizar los Procesos de Fabricación de los Vehículos Aeroespaciales.

CE-VA-8 - Conocimientos y capacidades para el Análisis y el Diseño Estructural de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales, incluyendo la aplicación de programas de cálculo y diseño avanzado de estructuras.

CE-VA-9 - Capacidad para diseñar, ejecutar y analizar los Ensayos en Tierra y en Vuelo de los Vehículos Aeroespaciales, y para llevar a cabo el proceso completo de Certificación de los mismos.

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.

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

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.

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.

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.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA239 - Interpretación, confección y gestión de documentos técnicos, para el diseño conceptual, preliminar y detalle de modelos físicos y sistemas.

RA246 - Conoce las estructuras de la ionosfera y magnetosfera terrestre y las de los otros planetas del sistema solar

RA5 - Conoce los plasmas en la naturaleza y en particular el entorno espacial. Calcula los parámetros y magnitudes fundamentales de los plasmas

RA245 - Conoce la estructura de los plasmas en el sistema solar y su efecto en el entorno terrestre.

RA12 - Utiliza y conoce los documentos fundamentales de ESA para la planificación de ensayos de equipos espaciales

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En esta materia sobre el entorno espacial estudiaremos las características principales del medio físico donde se desplazan los satélites en órbita terrestre. No existe una frontera universalmente aceptada entre el límite de la atmósfera y lo que entendemos como espacio exterior, habitualmente se emplea la denominada línea de Von Kármán que es un criterio aerodinámico aceptado por la Federación Astronáutica Internacional. Corresponde a la altura en la que la densidad de la atmósfera terrestre es tan baja, que la velocidad de una aeronave para conseguir sustentación debería ser equiparable a su velocidad orbital. Dicha línea se encuentra típicamente entre los 100 y 120 km de altura.

Por encima de esta altitud el espacio no está vacío como muestran los datos de la figura de la [página web de la materia](#), donde se ha representado la concentración típica de partículas para altitudes entre 100 y 1000 km. Aunque la presión es muy baja, Para alturas entre 250 y 300 km, las concentraciones de moléculas de oxígeno y nitrógeno alcanzan valores de  $10^8$  moléculas por centímetro cúbico (curvas en color negro).

La absorción de la parte más energética del espectro de la radiación solar (principalmente radiación ultravioleta) y el flujo de partículas cargadas que proviene del sol produce la ionización parcial de dichos gases. Se alcanzan concentraciones de electrones (curva roja) entre  $10^5$  y  $5 \times 10^5$  electrones por centímetro cúbico para dichas altitudes. Los iones tienen una composición química compleja que depende de la altitud. Para que el medio sea eléctricamente neutro, la suma de cargas positivas y negativas ha de ser nula. En este medio que llamamos plasma, formado por moléculas neutras, iones y electrones, la concentración de partículas cargadas de ambos signos alcanza valores entre  $10^4$  y  $5 \times 10^5$  partículas por centímetro cúbico para altitudes entre los 100 y 1000 km, como muestra la figura.

Además de gases enrarecidos y el plasma, existen otros elementos que configuran el entorno espacial de un satélite, como es la radiación (corpúscular y electromagnética) que proviene del sol, partículas sólidas de pequeño tamaño y desechos espaciales que orbitan la tierra. Por consiguiente, el entorno espacial con el que interacciona un vehículo en órbita terrestre es un medio complejo y reactivo desde el punto de vista físico-químico, que es el objeto del presente curso. Se tratarán otros entornos planetarios en nuestro Sistema Solar así como el conocimiento del entornos para misiones futuras de espacio profundo.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción al entorno espacial. Gas neutro, plasmas, radiación, partículas macroscópicas (micrometeoros) y desechos espaciales en la órbita terrestre. Interacción de los satélites con el medio y sus efectos en los vehículos orbitales.
2. El campo magnético terrestre e interplanetario. Flujos de radiación y partículas energéticas. Cinturones de Van Allen. La magnetosfera, ionosfera y la atmósfera neutra. Cambios del entorno terrestre con el ciclo día/noche y la actividad solar.
3. Descripción física de los gases a baja presión. Colisiones y teoría cinética elemental. Recorridos libres medios y frecuencias de colisión. Equilibrio térmico de un gas eléctricamente neutro y distribución de Maxwell Boltzmann.
4. Plasmas y gases ionizados. El plasma Maxwelliano ideal. Escalas de longitud y tiempo de un plasma: longitud de Debye, frecuencia iónica y electrónica, parámetro de acoplamiento y del plasma.
5. Los plasmas en la naturaleza, el espacio y la tecnología aeroespacial. Clasificación y características de los plasmas del entorno terrestre.
6. Procesos elementales y colisiones en plasmas y gases neutros. Estados de equilibrio estacionarios. Procesos relevantes en la ionosfera y la atmósfera neutra.
7. Modelos físicos de los plasmas. Teoría cinética, ecuación de Boltzmann. Descripción hidrodinámica de un plasma.
8. Características y efectos de la interacción de los vehículos en órbita terrestre con el gas neutro, radiación y plasma ambiente.
9. Origen de los rayos cósmicos. Interacción de la radiación con la materia. Cálculo de la dosis recibida. Métodos de protección contra la radiación cósmica.
10. Universo, galaxia, sol y sistema planetario. Campo magnético y viento solar
11. La atmosfera neutra, la ionosfera y magnetosfera
12. Partículas sólidas macroscópicas (micrometeoros) y desechos espaciales en órbita terrestre.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Actividad del tipo lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Sólo se utilizará la modalidad no-presencial para atender consultas o tutorías y éstas sólo pueden realizarse presencialmente Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación	
2	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	<b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

13	<p><b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p><b>Lección magistral</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Actividad de trabajo individual personal para resolver problemas como tarea de investigación. Se valorará la originalidad y el nivel dado a la tarea.</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Actividad de trabajo individual personal para resolver problemas como tarea de investigación. Se valorará la originalidad y el nivel dado a la tarea</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 10:00</p>
15	<p><b>Lección magistral</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</p> <p><b>Se promoverá la participación activa del alumno en la clase presencial. Dicha participación puede complementar la nota final.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15</p>
16				
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.

## 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
14	Actividad de trabajo individual personal para resolver problemas como tarea de investigación. Se valorará la originalidad y el nivel dado a la tarea	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	10:00	95%	5 / 10	CG1 CG11 CG12 CG15 CT4 CT5 CG6
15	Se promoverá la participación activa del alumno en la clase presencial. Dicha participación puede complementar la nota final.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:15	5%	5 / 10	CG11 CG12 CG15 CT5 CG6

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG1 CG11 CG12 CG15 CT4 CT5 CG6

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La asistencia a las clases es obligatoria salvo en los casos debidamente justificados documentalmente.

**Evaluación Progresiva:** La asignatura se podrá aprobar realizando el trabajo individual que consistirá en la resolución de un mínimo número de problemas de una relación de ejercicios con dificultad creciente que se entregará a los alumnos al final del curso. El aprobado (5/10 puntos) se obtendrá resolviendo un número mínimo de dichos ejercicios y la resolución de problemas adicionales de mayor dificultad permitirá elevar la nota hasta 9.5 puntos. Finalmente, la asistencia participativa a clase (trabajo en equipo, discusión de problemas, etc.) podrá servir para elevar la calificación hasta en 0,5 puntos y dirimir sobre la concesión de Matrícula de Honor si fuera el caso.

**Examen final ordinario:** Para aquellos estudiantes que no superen la asignatura mediante evaluación progresiva, habrá un examen con una duración de 3 horas que constará de dos/tres problemas y varias cuestiones de aplicación de conocimientos básicos. No se permitirá el uso de libros ni apuntes, sólo de un formulario cuyas características se indicarán oportunamente.

**Examen Oral:** Aquellos estudiantes que no han superado la evaluación progresiva y que por causa sobrevenida y adecuadamente justificada no puedan realizar el Examen Final en su convocatoria ordinaria u extraordinaria, serán evaluados mediante un Examen Oral. En este caso, el alumno resolverá uno o dos problemas usando un formulario durante un tiempo fijado y posteriormente expondrá el problema resuelto ante al menos dos miembros del Tribunal de la asignatura, respondiendo a las preguntas de dichos profesores quienes, según la normativa UPM, elevarán acta de la sesión y calificarán el examen. En caso necesario el Examen Oral se efectuará mediante la Plataforma Teams con grabación de la sesión.

**Evaluación global:** si el alumno opta por la prueba de evaluación global, la calificación de la asignatura será la obtenida en el examen final ordinario. Será necesaria una calificación numérica global igual o superior a 5 puntos para aprobar la asignatura.

**Examen final extraordinario:** Los alumnos que hayan optado por evaluación progresiva o por evaluación global y tengan una calificación final inferior a 5 puntos, se podrán presentar al examen extraordinario, cuyo contenido sera similar al examen final ordinario. Se aprobará la asignatura con una calificación igual o superior a 5 puntos.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
D. Hastings y H. Garrett. "Spacecraft environment interactions". Cambridge Atmospheric and Space Science Series (1996)	Bibliografía	Capítulos 1-4
F.F. Chen. "Introduction to plasma physics and controlled fusion". Vol. 1: Plasma Physics. Plenum Press (1990).	Bibliografía	Capítulos 1, 3 y 4
L. Conde. "An introduction to plasma physics and its space applications". Vol. I: Fundamentals and elementary processes. Institute of Physics (UK) y Morgan & Claypool (2018).	Bibliografía	Capítulos 1-4
T. I. Gambosi. "Gaskinetic theory". Cambridge Atmospheric and Space Science Series	Bibliografía	
"Space environment" ECSS-E-ST-10-04C (2020).	Bibliografía	Documento ECSS (European Cooperation for Space Standardization) sobre el contenido de la asignatura.
Página web de la asignatura	Recursos web	Accesible en la dirección: <a href="http://plasmalab.aero.upm.es/~lcl/teaching.html">http://plasmalab.aero.upm.es/~lcl/teaching.html</a>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

**General:** Dada la especialización de algunos temas tratado en la materia, se hará hincapié en que el alumno de máster puede recibir formación de profesorado especializado en cada una de las subdisciplinas abordadas, por lo que las clases pueden ser impartidas por varios profesores cuya especialización esté vinculado a cada tema. Se espera que esta experiencia que confiera madurez al estudiante y sea enriquecedora para el futuro graduado en máster de Ingeniería concediendo un acercamiento a lo que será su futuro profesional.

**Comunicaciones:** Además de la interacción personal durante el curso, se empleará el correo electrónico oficial de la Universidad Politécnica de Madrid y los medios disponibles en la misma para videoconferencias (Teams y Zoom). No se utilizarán recursos web de mensajería o intercomunicación no oficiales para resolución de dudas o para pruebas de evaluación no presenciales (si éstas fueran estrictamente necesarias).

**Clases de Teoría:** Serán del tipo *Lección Magistral*, promoviendo la participación reflexiva del alumno sobre los conceptos introducidos. Se formularán preguntas de carácter científico-técnico para suscitar el interés del estudiante por la relación entre la investigación, la tecnología aeroespacial y la trascendencia de los avances científicos en el mundo empresarial. Se promoverá el aprendizaje autónomo dirigido, basado en el planteamiento de problemas sencillos previos que introduzcan los contenidos teóricos a desarrollar y forme al alumno para ser autosuficiente en el aprendizaje y en la resolución de problemas prácticos

**Clases de problemas:** En la actividad *Resolución de problemas en el aula* se propondrán y resolverán problemas básicos (con datos realistas) relacionados con los conceptos impartidos durante el horario lectivo. Asimismo, se propondrá al estudiante que trabaje individualmente, promoviendo ya durante la clase el trabajo en grupo para la resolución de problemas o exposiciones en público.

**Tutorías:** El alumno dispondrá para consultas sobre la asignatura de las horas semanales de tutoría asignadas al profesor en periodo de docencia, distribuidas en el horario que se anunciará en el Tablón de la asignatura situado en el Departamento de Física Aplicada (FAIAN). Dependiendo de las características del grupo, opcionalmente, el profesor podrá convocar a los alumnos (en acuerdo con éstos) dentro de su horario de tutorías para una tutoría programada (TP) de aula, si fuere necesario, con anterioridad a las pruebas objetivas, para ayudar al alumnado en su trabajo de preparación de actividades de evaluación. Si fuera estrictamente necesaria la no presencialidad, las

tutorías se concertarían por la plataforma Teams.

**Trabajos autónomos:** El alumno ha de dedicar el tiempo al estudio necesario (que obviamente variará en cada persona) que será menor a mejor y mayor aprovechamiento de las clases y a mayor esfuerzo continuado de seguimiento de la asignatura. Se sugerirá en clase que el alumno investigue individualmente sobre los contenidos de la materia.

**Prácticas:** No se contempla la realización de prácticas en esta asignatura, si bien podrá organizarse la visita al Laboratorio de Plasmas Fríos de la ETSIA para conocer de primera mano las investigaciones que el grupo de Física de Plasmas realiza relacionadas con la asignatura.

**Bibliografía:** La bibliografía básica recomendada se indicará al alumno al inicio del curso y en el desarrollo del mismo el profesorado podrá hacer uso de apuntes y guiones de clase como material propio, al que se podrá acceder a través de la página web de la asignatura. Se ofrecerá al alumno acceso a artículos científicos, seleccionados entre publicaciones relevantes en revistas indexadas, solventes y reconocidas en el ámbito de la investigación científica internacional, a las que la Universidad tiene acceso.