



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 14IB – MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

Código 143003036

Asignatura PROPULSIÓN ESPACIAL

Nombre en Inglés SPACE PROPULSION

Módulo INTENSIFICACIÓN EN PROPULSIÓN AEROESPACIAL

Idiomas CASTELLANO

| | |
|-----------------|----------|
| Curso | SEGUNDO |
| Semestre | TERCERO |
| Carácter | OP |
| Créditos | 4,5 ECTS |

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Los sistemas de propulsión son fundamentales en el desarrollo de las misiones espaciales tanto de carácter comercial como científico. Los cometidos que llevan a cabo competen tanto a la propulsión primaria, como a los sistemas de control de órbita, de trayectoria y de actitud. Tradicionalmente se han empleado sistemas químicos en todas estas tareas pero los motores cohete eléctricos han sido objeto de un intenso desarrollo en las últimas décadas y, en la actualidad, han demostrado su capacidad en misiones de propulsión primaria.

La asignatura se divide en tres bloques temáticos: el primer bloque hace referencia a los métodos de acceso al espacio tanto convencionales como los que se encuentran en fase de investigación. El segundo bloque se dedica a aspectos avanzados relacionados con el empleo en el espacio de motores cohete de propulsores líquidos y sólidos. El tercer bloque temático se dedica a los sistemas de propulsión eléctrica.

De este modo, la asignatura recoge la descripción de tecnologías maduras, que se emplean sistemas químicos en todas las fases de la misión, junto con el enfoque de futuro que tiende a relegar la propulsión química a las fases de acceso al espacio y que emplea los motores cohete eléctricos para todas las misiones espaciales, incluso en misiones de propulsión primaria.

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.

El punto de partida de la asignatura es el que proporciona cursos básicos de Propulsión aérea y espacial.

Para el normal desarrollo de la asignatura los alumnos deben haber superado varias asignaturas relacionadas con Propulsión aérea y espacial, en las que han adquirido conocimientos básicos y avanzados sobre Aerorreactores, Motores Cohete y otros relacionados (integración en el vehículo, misiones, elementos, etc.). Esta situación se corresponde con Graduados en Ingeniería Aeroespacial cursando el segundo año de este Master.

3. COMPETENCIAS

- CG1.-** Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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-9.-** Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Plantas Propulsivas de Vehículos Aeroespaciales.

4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CÓDIGO.- Descripción del Resultado de Aprendizaje.

5. PROFESORADO

Departamento: MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

Coordinador de la Asignatura: Juan Manuel TIZÓN PULIDO.

| Profesorado | Correo electrónico | Despacho |
|---------------------------|--|------------|
| CABRERA REVUELTA, Enrique | enrique.cabrera@upm.es | Edificio 2 |
| LOPEZ JUSTE, Gregorio | gl.juste@upm.es | Edificio 1 |
| MORENO BENAVIDES, Efrén | efren.moreno@upm.es | Edificio 1 |
| TIZÓN PULIDO, Juan Manuel | jm.tizon@upm.es | Edificio 1 |

Los horarios de tutorías estarán publicados en Moodle.

6. TEMARIO

BLOQUE TEMÁTICO 1. PROPULSION AEROESPACIAL: ACCESO AL ESPACIO

Tema 1. PROPULSION AEREA Y ESPACIAL

1.1. Introducción. 1.2. Empuje e impulso específico. 1.3. Análisis de misión 1.4. Lanzadores. Vehículos multietapa. SSTO. 1.5. Catálogo de misiones espaciales. 1.5. Misiones de bajo empuje.

Tema 2. PROPULSIÓN HIPERSÓNICA

2.1. Introducción. 2.2. Análisis termodinámico. Ramjet y scramjet. 2.3. Sistema de compresión. Tomas de entrada 2.4. Proceso de combustión. Cámaras de combustión. 2.5. Sistema de expansión. Toberas.

Tema 3. SISTEMAS DE PROPULSION AVANZADA

3.1. Introducción. 3.2. Sistemas de ciclos combinados y mixtos. 3.4. Sistemas avanzados.

BLOQUE TEMÁTICO 2. PROPULSION QUIMICA

Tema 4. DISEÑO Y OPTIMIZACION DE TOBERAS

4.1. Introducción. 4.2. Ecuaciones generales. 4.3. Método de las características (MOC). 4.4 Diseño de contornos óptimos. 4.4. Toberas autoadaptables.

Tema 5. MOTORES COHETE DE PROPULSANTE SOLIDO

5.1. Introducción. 5.2. Diseño de motores espaciales. 5.3. Aerodinámica interna. 5.3. Modelo térmico de la velocidad de recesión. 5.4. Flujo heterogéneo.

Tema 6. MOTORES COHETE DE PROPULSANTE LIQUIDO ALMACENABLE

6.1. Propulsores almacenables. 6.2. Modelos termodinámicos. 6.3. Calculo de actuaciones.

Tema 7. INESTABILIDADES DE COMBUSTION

7.1. Introducción. 7.2. Inestabilidades de baja frecuencia en MCPL. 7.3. Respuesta acústica de cámaras de combustión. 7.4. Función de respuesta de propulsores sólidos.

BLOQUE TEMÁTICO 3. PROPULSION ELECTRICA

Tema 8. CONCEPTOS BASICOS

8.1. Clasificación. 8.2. Análisis de utilización. 8.3. Conceptos básicos de física del plasma.

Tema 9. MOTORES COHETE ELECTROTÉRMICOS

9.1. Motores resitojet. 9.2. Motores arc-jet. 9.3. Motor VASIMR.

Tema 10. MOTORES COHETE ELECTROESTÁTICOS

10.1. Introducción. 10.2. Aceleradores de iones. 10.3. Sistema de ionización. 10.4. Sistema de aceleración. 10.4 Sistema de neutralización. 10.6. Óptica de rejillas. 10.7. Cátodos huecos.

Tema 11. MOTORES COHETE ELECTROMAGNÉTICOS

11.1. Introducción. 11.2. Motores de efecto Hall. 11.3. Acelerador MPD. 11.4. Propulsores PPT.11.4. Toberas magnéticas

7. PLAN DE TRABAJO

a) Cronograma.

| Semana Nº | Actividad presencial en Aula | Actividad presencial en Laboratorio | Otra actividad | Actividad de Evaluación |
|-----------|------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|
| 1 | 2LM: Tema 1 | | | A lo largo del curso se programarán, en el horario lectivo, las defensas de los trabajos que así lo requieran. |
| 2 | 2LM: Tema 2 | | | |
| 3 | 1LM, 1RPA | | | |
| 4 | 2LM: Tema 3 | | | |
| 4 | 2LM: Tema 4 | | | |
| 6 | 2RPA | | | |
| 7 | 1LM, 1RPA: Tema 5 | | | |
| 8 | 1LM, 1RPA: Tema 6 | | | |
| 9 | 2LM: Tema 7 | | | |
| 10 | 2LM: Tema 8 | | | |
| 11 | 1LM, 1RPA: Tema 9 | | | |
| 12 | 2LM: Tema10 | | | |
| 13 | 1LM, 1RPA | | | |
| 14 | 2LM: Tema 11 | | | |
| 14 | 1LM, 1RPA | | | |
| 16 | | | | |

El cronograma de la asignatura podrá sufrir modificaciones a lo largo del curso para adaptarse a las características del mismo.

b) Actividades formativas.

| Actividades formativas | EP | CT | CP | PL | TIE | TP | Otros* |
|------------------------|-----|-----|-----|----|-----|----|--------|
| ECTS | 2,0 | 0,7 | 0,3 | | 1,5 | | |

EP: ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO

CT: CLASES DE TEORÍA
CP: CLASES DE PROBLEMAS
PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO
TIE: TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO
TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS
***Otros** (especificar):

c) Metodologías Docentes.

| Métodos Docentes | LM | PBL | RPA/MC | EIP | PL | Otros* |
|------------------|----|-----|--------|-----|----|--------|
| SI / NO | SI | | SI | SI | | |

LM: LECCIÓN MAGISTRAL
PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS
RPA/MC: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA / MÉTODO DEL CASO
EIP: EXPOSICIÓN DE INFORMES Y PROYECTOS
PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO
***Otros** (especificar):

8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

a) Tribunal de Evaluación.

| | |
|--------------------|--------------------------|
| Presidente: | Juan Manuel TIZÓN PULIDO |
| Vocal: | Efrén MORENO BENAVIDES |
| Secretario: | Gregorio LÓPEZ JUSTE |
| Suplente: | Enrique CABRERA REVUELTA |

b) Actividades de Evaluación.

| Semana N° | Descripción | Tipo Evaluación | Técnica Evaluativa | Duración | Peso | Nota mínima | Competencias |
|-----------|--------------------------|-----------------|--------------------|----------|------|-------------|--------------|
| 1-16 | Presentación de trabajos | | | | | | |

c) Criterios de Evaluación.

La calificación final se compone de la evaluación de TRES proyectos/trabajos a lo largo del curso, correspondientes a cada uno de los bloques temáticos. Los trabajos se realizarán en grupo y se evaluarán mediante el siguiente procedimiento:

- Evaluación del informe presentado. Calificación colectiva. No inferior al 50%.
- Defensa pública del trabajo. Calificación colectiva. No superior al 20%.
- Defensa individual del trabajo. Calificación individual. No superior al 30%.

La defensa individual del trabajo se lleva a cabo durante la defensa pública mediante interpelación directa y/o evaluación de las intervenciones o mediante entrevista al final del curso.

El peso de cada parte en la evaluación de los trabajos es orientativo.

9. RECURSOS DIDÁCTICOS

| Descripción | Tipo | Observaciones |
|--|--------------|--|
| BROWN, C. D., "Spacecraft Propulsion". AIAA education series, 1996 | Bibliografía | |
| DAVENAS, A. "Solid Rocket Propulsion Technology". Ed. Pergamon Press, 1993. | Bibliografía | |
| Goebel, D. M. And Katz, I. "Fundamentals of electric propulsion: ion and hall thrusters". Wiley Hoboken, New Jersey, cop. 2008 | Bibliografía | |
| HEISER, W. H. AND PRATT, D. T. "Hypersonic Airbreathing Propulsion", AIAA Educational Series, 1994 | Bibliografía | |
| HUMBLE, R.W., HENRY. G.N. Y LARSON, W.J. "Space Propulsion Analysis and Design". Ed. McGraw-Hill Co., 1994. | 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 | |
| TURNER, M. J. L. "Rocket and spacecraft propulsion: principles, practice and new developments", Springer, Berlin, 2009. | Bibliografía | |
| Apuntes de la asignatura | Apuntes | Selección de transparencias empleadas en las clases. |
| Espacio MOODLE de la asignatura http://moodle.upm.es/ | Recursos Web | En esta plataforma se incluyen documentos, enlaces de interés, 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.