Guía docente
220052 - PR - Propulsión

Última modificación: 19/04/2023

Unidad responsable: Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa
Unidad que imparte: 220 - ETSEIAT - Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa.

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS AEROESPACIALES (Plan 2010). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano, Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JOSEP ORIOL LIZANDRA DALMASES

Otros:

CAPACIDADES PREVIAS

Física, Química, Termodinámica, Mecánica, Mecánica de Fluidos, Sistemas Propulsivos, Transmisión de Calor.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
1. GrETA - Conocimiento adecuado y aplicado a la ingeniería de: métodos de cálculo y de desarrollo de instalaciones de los sistemas propulsivos; la regulación y control de instalaciones de los sistemas propulsivos; el manejo de las técnicas experimentales, equipamiento e instrumentos de medida propios de la disciplina; los combustibles y lubricantes empleados en los motores de aviación y automoción; la simulación numérica de los procesos físicomatemáticos más significativos, los sistemas de mantenimiento y certificación de los motores aeroespaciales (Módulo de tecnología específica)
2. Conocimiento aplicado de: aerodinámica interna; teoría de la propulsión; actuaciones de aviones y de aerorreactores; ingeniería de sistemas de propulsión; mecánica y termodinámica. (Módulo de tecnología específica)

Genéricas:
CG1-GRETA. Aplicar un amplio conocimiento de la ciencia y tecnologías aeroespaciales.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Las metodologías docentes básicamente se dividen en:
- Sesiones presenciales de contenidos teóricos, impartidos con ayuda de presentaciones y/o otros documentos que previamente son colgados en Atenea.
- Sesiones presenciales de ejercicios prácticos, como aplicación directa de los contenidos teóricos. El profesor propone ejercicios, y da indicaciones a los alumnos para que, de forma autónoma, procedan a su resolución. Poco antes de acabar la clase, el profesor plantea la solución con los resultados finales, para que así los puedan compararlos con los suyos.
- Trabajos prácticos, en los que se plantea un proyecto, que los alumnos deben desarrollar fuera del horario lectivo.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

1. Explicar con cierto detalle la operación y limitaciones de diversos tipos de cohete y de motor a reacción.

2. Capacitar al alumno para la ejecución de diseños preliminares de estos motores.

3. Capacitar al alumno para un análisis crítico de los motores existentes y de sus prestaciones.

4. Fomentar una apreciación del papel determinante de los condicionantes externos (requisitos de misión, consideraciones económicas, regulaciones medioambientales, etc) en las decisiones de diseño.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	14,0	9.33
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo grande	46,0	30.67

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

MÓDULO 1: MOTORES A REACCIÓN

Descripción:
Tema 1. Análisis global de un motor para un avión comercial.
1.1. La misión y sus requisitos.
1.2. Ecuación del empuje no instalado de un turborreactor de flujo simple. Extrapolación a un turborreactor de doble flujo (turbofan).
1.3. Ciclos para motores a reacción. Eficiencias de componentes y propiedades del gas. Definiciones de rendimiento propulsor, rendimiento térmico y rendimiento global.
1.4. Análisis paramétrico en diseño de turborreactores de flujo simple y de doble flujo (turbofan). Elección de parámetros óptimos para máximo empuje y máximo impulso específico.
Tema 2. Componentes de un turborreactor para un avión comercial.
2.1. Componentes estáticos.
2.1.1. Tomas de aire subsónicas. Efecto de la toma de aire sobre el empuje instalado.
2.1.2. Toberas. Funciones de la tobera. Efecto sobre el empuje, de las condiciones del flujo a la salida: tobera adaptada, tobera subexpansionada y tobera sobreexpansionada.
2.1.3. Cámaras de combustión. Nociones de combustión. Dimensionado del quemador. Emisiones y su regulación. Limitaciones físicas y tecnológicas.
2.2. Elementos rotativos.
2.2.1. Ecuación de Euler para compresores y turbinas. Modelo de cascada de álabes. Triángulos de velocidades. Coeficientes de pérdidas.
2.2.2. Eficiencia de una etapa a partir de datos sobre pérdidas.
2.2.3. Diseño aproximado de compresores multietapa.
2.2.4. Distribuciones radiales. Diseño de torbellino libre. Variaciones.
2.2.5. Determinación de la velocidad de rotación y del número de etapas.
2.2.6. Mapas de compresores.
2.2.7. Limitaciones de la compresión. Pérdida rotativa y pérdida global ("surge").
2.3.1. Turbinas. Características típicas. Grado de reacción (R). Diseño para R = 0.5. Relaciones para la salida axial.
2.3.2. Uso de factores de pérdida
2.3.3. Cálculo de una etapa de turbina con pérdidas.
2.3.4. Esfuerzos en rotores.
2.3.5. Refrigeración de turbinas.
Tema 3. Funcionamiento fuera de diseño.
3.1. Determinación del sistema de ecuaciones y de les variables que rigen el funcionamiento fuera de diseño. Algoritmos de resolución.
3.1.1. Aplicación a un turborreactor de un solo eje.
3.1.2. Aplicación a un turborreactor de dos ejes.
3.1.3. Aplicación a un turbofan de alta relación de deriva.
Tema 4. Consideraciones adicionales.
4.1. Elementos de ruido de chorro y de turbomaquinaria.
4.2. Regulación y control de ruido.
4.3. Elementos de rotodinámica del motor.
4.4. Fabricación y elementos de economía de los motores.

Objetivos específicos:
En este módulo se combina el análisis global del ciclo de un motor a reacción con el funcionamiento de sus componentes principales, de forma que se posibilite una comprensión real, con un mínimo de empirismo, del diseño del motor, sus posibilidades y sus limitaciones. El objetivo es que el alumno alcance una capacitación que permita ejecutar un diseño preliminar, y, si lo desea, acceder a métodos para el diseño de detalle, bien numéricos, bien experimentales.

Dedicación: 75h
Grupo grande/Teoría: 23h
Grupo mediano/Prácticas: 7h
Aprendizaje autónomo: 45h

MÓDULO 2: COHETES

Descripción:
Tema 1. Introducción
1.1.1. Clasificación según el mecanisme de aceleración del gas / fuerza sobre el vehiculo.
1.1.2. Clasificación según la fuente de energía.
1.1.3. Clasificación según el rango de empuje.
1.2. Medida de las prestaciones.
1.2.1. Impulso específico.
1.2.2. Eficiencia térmica.
1.2.3. Relación empuje/peso.
1.3. Criterio de selección (según la misión).
Tema 2. Empuje y toberas de cohetes.
2.1. La ecuación del empuje.
2.2. Pérdida de empuje por no uniformidades direccionales a la salida.
2.3. Relación entre entalpía total y velocidad de salida: rendimiento de tobera.
2.4. Pérdidas de empuje por no uniformidades de entalpía total. Rendimiento por no uniformidades de entalpia total.
Tema 3. Fluidodinámica de toberas ideales, según el modelo cuasi-unidimensional.
3.1. Toberas cuasi-unidimensionales sin separación de flujo.
3.1.1. Velocidad característica y coeficiente de empuje.
3.1.2. Elección de la relación de expansión óptima para un vuelo ascensional a través de la atmósfera.
3.2. Efectos de la separación de flujo. Criterio de Summerfield.
Tema 4. Transferencia de calor por convección en toberas. Analogía de Reynolds.
4.1. Transferencia de calor per convección. Ecuaciones de capa límite.
4.2. Coeficientes de viscosidad y de conductividad térmica turbulentos.
4.3. Modelo aproximado por número de Prandtl unidad y gradiente de presiones cero. Analogía de Reynolds.
4.4. Correcciones por Pr menor que 1.
4.5. Fórmula de Bartz para el flux de calor en la pared.
Tema 5. Efecto de les pérdidas de calor en las prestaciones del cohet.
5.1. Pérdida total de calor.
5.2. Efecto sobre las prestacions del cohete.
Tema 6. Refrigeración en cohetes de combustible líquido.
6.1. Consideraciones de diseño.
6.2. Esfuerzos mecánicos en las paredes refrigeradas de la tobera.

Objetivos específicos:
Este módulo está orientado menos al diseño y más a los fundamentos de la propulsión, pese a que también se estudian métodos encaminados al diseño preliminar. Se pretende que el alumno quede capacitado, además, para abordar innovaciones y tipos diferentes de cohetes, situación que se presenta con más frecuencia en esta área que en la más madura de los motors a reacción.

Dedicación: 75h
Grupo grande/Teoría: 23h
Grupo mediano/Prácticas: 7h
Aprendizaje autónomo: 45h

ACTIVIDADES

SESIONES GRUPOS GRANDES/TEORÍA

Descripción:
Sesiones presenciales, donde el profesor imparte contenidos teóricos i orienta a los estudiantes para que éstos desarrollen el aprendizaje autónomo.

Objetivos específicos:
El objetivo de estas sesiones es que el estudiante adquiera los conocimientos necesarios, para aplicarlos a los ejercicios y trabajos a llevar a cabo, desarrollando el aprendizaje autónomo.

Material:
Apuntes colgados en Atenea.
Bibliografía básica y complementaria de la asignatura.

Dedicación: 86h
Grupo grande/Teoría: 42h
Aprendizaje autónomo: 44h

SESIONES GRUPOS MEDIANOS/PROBLEMAS

Descripción:
El profesor plantea ejercicios para resolver en clase, aplicación directa de la teoría, consistentes en modelar motores y/o sus componentes. Se pretende que los alumnos trabajen en grupos reducidos (de 2 a 3) e intercambien conceptos, ideas y planteamientos.

Objetivos específicos:
La realización de ejercicios pretende que el estudiante se familiarice con el modelado de motores y sus componentes, y así estar en condiciones de superar satisfactoriamente los ejercicios de examen.

Material:
Apuntes colgados en Atenea.
Bibliografía básica y complementaria de la asignatura.

Dedicación: 40h
Grupo mediano/Prácticas: 14h
Aprendizaje autónomo: 26h

TRABAJOS PRÁCTICOS

Descripción:
Está prevista la realización de una práctica, que podrá ser de laboratorio o un trabajo de simulación, en grupos de hasta un máximo de 3 alumnos. Si se trata de una práctica de laboratorio, se requerirá la realización de un informe. La práctica podrá versar sobre aspectos como los siguientes:
1. Diseño y cálculo de actuaciones de un motor de turbina mediante modelos numéricos.
2. Diseño y cálculo de actuaciones de componentes de motor.
3. Medidas de actuaciones y parámetros (empuje, flujos, presiones, temperaturas, velocidad de rotación) de un reactor de laboratorio, y posterior análisis de les datos, e identificación de los parámetros desconocidos del motor.
4. Diseño y cálculo de las actuaciones de un motor cohete.

Objetivos específicos:
Es de esperar que el estudiante consolide conceptos mediante el trabajo práctico, ya que éste no sólo es una herramienta para complementar los ejercicios de clase, sino que, en la medida que el plazo de entrega es más largo, y se lleva a cabo mediante códigos numéricos, es posible hacer una simulación mucha más realista, lo que a su vez permite hacer comparaciones más fiables con motores reales.

Material:
Apuntes colgados en Atenea.
Bibliografía básica y complementaria de la assignatura, y links web.
Ordenador y herramientas informáticas diversas, para poder escribir y ejecutar codigos numéricos.

Entregable:
El trabajo práctico tiene un peso del 16% sobre la nota final de la asignatura. El plazo para entregar el trabajo será indicada via Atenea.

Dedicación: 20h
Aprendizaje autónomo: 20h

EXAMEN PARCIAL

Descripción:
Prueba individual y por escrito, correspondiente al módulo 1.

Objetivos específicos:
Con este examen el estudiante debe demostrar que ha asimilado suficientemente los conceptos correspondientes al módulo 1.

Material:
Un formulario de una sola página, por ambas caras, y calculadora no programable.

Entregable:
El examen tiene un peso del 42% sobre la nota global de la asignatura.

Dedicación: 2h
Grupo grande/Teoría: 2h

EXAMEN FINAL

Descripción:
Prueba individual y escrita, correspondiente al módulo 2.

Objetivos específicos:
Con este examen el estudiante debe demostrar que ha asimilado suficientemente los conceptos correspondientes al módulo 2.

Material:
Un formulario de una página, escrita por ambas caras, y calculadora no programable.

Entregable:
La prueba tiene un peso del 42% sobre la nota global de la asignatura.

Dedicación: 2h
Grupo grande/Teoría: 2h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

42% Examen parcial.
42% Examen final.
16% Trabajo práctico.

Todos aquellos estudiantes que suspendan, quieran mejorar nota o no puedan asistir al examen parcial, tendrán oportunidad de examinarse el mismo día del examen final. Si las circunstancias no hacen viable que sea el mismo día del examen final, el profesor responsable de la asignatura propondrá, vía la plataforma Atenea, que el mencionado examen de recuperación se lleve a cabo otro día, en horario de clase.
La nueva nota del examen de recuperación sustituirá la antigua, sólo en el supuesto de que sea más alta.

Para aquellos estudiantes que cumplan los requisitos y se presenten al examen de reevaluación, la calificación del examen de reevaluación substituirá las notas de todos los actos de evaluación que sean pruebas escritas presenciales (controles, exámenes parciales y finales) y se mantendrán las calificaciones de prácticas, trabajos, proyectos y presentaciones obtenidas durante el curso.
Si la nota final después de la reevaluación es inferior a 5.0 substituirá la inicial únicamente en el caso de que sea superior. Si la nota final después de la reevaluación es superior o igual a 5.0, la nota final de la asignatura será aprobado 5.0.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

-

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- Cumpsty, N. Jet propulsion : a simple guide to the aerodynamic and thermodynamic design and performance of jet engines. New York: Cambridge University Press, ISBN 0521541441.
- Mattingly, J. D. Elements of propulsion: gas turbines and rockets [en línea]. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2006 [Consulta: 06/05/2022]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=3111475. ISBN 1563477793.

Complementaria:
- Kerrebrock, J. L. Aircraft engines and gas turbines. 2nd ed. Cambridge: MIT Press, 1992. ISBN 0-262-11162-4.
- Sutton, G. P.; Biblarz, O. Rocket propulsion elements [en línea]. 8th ed. New York: John Wiley & Sons, 2010 [Consulta: 07/03/2023]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=818989. ISBN 9780470080245.
- Hill, P. G.; Peterson, C. R. Mechanics and thermodynamics of propulsion. 2nd ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1992. ISBN

0201146592.
- Cohen, H.; Rogers, G.F.C.; Saravanamuttoo, H.I.H. Gas turbine theory. 4th ed. Harlow; Essex: Longman: Addison-Wesley, 1996. ISBN 0582236320.

RECURSOS

Enlace web:
- http://www.ocw.mit.edu/index.html