



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre Completo	Turbomáquinas
Código	DIM-GITI-431
Título	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
Impartido en	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales [Cuarto Curso]
Nivel	Reglada Grado Europeo
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	6,0
Carácter	Optativa (Grado)
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Responsable	Eva Arenas Pinilla

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Alexis Cantizano González
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Despacho	Alberto Aguilera 25 [D-316]
Correo electrónico	alexis.cantizano@dim.icaei.upcomillas.es
Teléfono	2366
Profesor	
Nombre	Eva María Arenas Pinilla
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Despacho	Alberto Aguilera 25 [220]
Correo electrónico	earenas@dim.icaei.upcomillas.es
Teléfono	4213
Profesor	
Nombre	Iñigo Sanz Fernández
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Mecánica
Correo electrónico	isanz@dim.icaei.upcomillas.es

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura



Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, esta asignatura proporciona los principios básicos del diseño y funcionamiento de las turbomáquinas hidráulicas y térmicas.

Al finalizar el curso los alumnos dominarán los principales criterios en el diseño y funcionamiento de las bombas hidráulicas, ventiladores, compresores y turbinas. Los conceptos adquiridos en las asignaturas de Mecánica de Fluidos y Termodinámica se emplean aquí para comprender el funcionamiento de estas máquinas.

Además, esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-experimental por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico, tanto la resolución de cuestiones numéricas como la realización de trabajos prácticos de laboratorio en los que se ejercitarán los conceptos estudiados.

Prerrequisitos

No existen prerrequisitos que de manera formal impidan cursar la asignatura. Sin embargo, por estar inmersa en un plan de estudios sí se apoya en conceptos vistos con anterioridad en asignaturas precedentes:

- Termodinámica
- Mecánica de Fluidos

Competencias - Objetivos

Competencias

GENERALES

CG03	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
CG04	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

ESPECÍFICAS

CEM03	Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.
CEM08	Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad.

Resultados de Aprendizaje

RA1	Conocer la clasificación general de las máquinas de fluido. Distinguir unas máquinas de fluido de otras según su principio de funcionamiento. Entender la diferencia entre máquinas generadoras y máquinas motoras, así como las diferencias en la división establecida entre máquinas térmicas y máquinas hidráulicas.
------------	---



RA2	Entender la ecuación de Euler como principio básico de funcionamiento de las turbomáquinas. Visualizar el movimiento del fluido en el rodete. Construir adecuadamente los triángulos de velocidades. Entender el proceso de intercambio de energía en el rodete. Aplicar adecuadamente la ecuación de Euler.
RA3	Conocer las pérdidas de energía que se producen en una turbomáquina y transformarlas en el cálculo de rendimientos correspondiente. Entender el origen de las pérdidas hidráulicas, volumétricas y mecánicas. Calcular los rendimientos volumétrico, hidráulico y mecánico de una turbomáquina
RA4	Conocer el diseño interno de una bomba rotodinámica, sus principales componentes y la función de cada uno de ellos. Conocer los principales elementos constitutivos de una bomba rotodinámica. Conocer los parámetros fundamentales del diseño de una bomba y entiende cómo varía el funcionamiento de la misma al modificar esos parámetros. Calcular el coeficiente de disminución de trabajo y entiende su significado. Entender la función del sistema difusor y calcula su rendimiento. Conocer el sistema de equilibrado de rodetes y de bombas completas.
RA5	Interpretar las curvas características de una bomba y conocer la aplicación práctica de las leyes de semejanza. Conocer las curvas características de una bomba y saber aplicarlas, obteniendo el campo de funcionamiento de la bomba. Conocer los ensayos básicos y ser capaz de realizarlos en el laboratorio. Aplicar adecuadamente las leyes de semejanza y el escalado para ampliar el campo de funcionamiento de la bomba, conociendo las limitaciones que tienen ambos procedimientos. Calcular y entender el significado del número específico de revoluciones como parámetro típico de la geometría de un rodete.
RA6	Determinar el papel de una bomba dentro de una instalación, seleccionando la bomba más adecuada y estudiando su comportamiento dentro del posible campo de funcionamiento. Seleccionar una bomba adecuada a los requerimientos de una instalación dada. Ser capaz de resolver una instalación con bombas en serie y en paralelo. Estudiar los posibles comportamientos anormales de la bomba en la instalación, teniendo en cuenta el campo de funcionamiento posible.
RA7	Conocer las similitudes y diferencias entre el funcionamiento de una bomba y de un ventilador. Conocer las ecuaciones básicas aplicadas a los ventiladores. Entender el papel que juega la densidad en los ventiladores al trabajar con fluidos compresibles. Comprender las diferentes formas que se pueden dar en la práctica en la instalación de un ventilador. Conocer las curvas características de un ventilador y saber aplicarlas, obteniendo el campo de funcionamiento del ventilador. Conocer los ensayos básicos de los ventiladores y ser capaz de realizarlos en el laboratorio. Aplicar adecuadamente las leyes de semejanza para ampliar el campo de funcionamiento del ventilador, conociendo las limitaciones que tiene ese procedimiento.
RA8	Conocer la aplicación de las turbinas hidráulicas a generación de energía eléctrica y las particularidades de la teoría general de las turbomáquinas aplicada a ellas. Entender la importancia de la utilización de la energía hidráulica. Conocer las diferentes formas de aprovechar la energía hidráulica. Distinguir los diferentes tipos de turbinas hidráulicas. Ser



	capaz de seleccionar la turbina hidráulica más adecuada a las características específicas de un salto natural. Resolver problemas de instalaciones concretas de turbinas hidráulicas tanto de acción como de reacción.
RA9	Conocer el diseño interno de una turbina hidráulica. Conocer los principales elementos constitutivos de una turbina hidráulica. Conocer los parámetros fundamentales del diseño de una turbina y entender cómo varía el funcionamiento de la misma al modificar esos parámetros. Conocer las curvas características de una turbina y saber utilizarlas, manejando las magnitudes unitarias. csv: 174255459351102351341933
RA10	Conocer las características principales de las turbomáquinas térmicas. Conocer los elementos principales y los detalles constructivos de las máquinas térmicas. Conocer las diferentes geometrías de los perfiles empleados en las turbomáquinas térmicas. Entender la necesidad de escalonamiento en las máquinas térmicas.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Aspectos generales

Tema 1. Máquinas de fluido

- 1.1 Máquinas de fluido.
- 1.2 Clasificación de las máquinas de fluido.
- 1.3 Definición de turbomáquina (TM).
- 1.4 Clasificación de las TM según la compresibilidad del fluido.
- 1.5 Clasificación de las TM según el sentido de la transmisión de la energía.
- 1.6 Movimiento del fluido durante el intercambio de energía: ejes de referencia, velocidades y planos de representación.
- 1.7 Clasificación de las TM según la dirección del flujo en el rodete.

Tema 2: Intercambio de energía en el rodete

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Ecuación de Euler: Teorema del momento cinético; hipótesis simplificadoras.
- 2.3 Triángulos de velocidades.
- 2.4 Balance de energías en el órgano intercambiador: ecuación de Bernoulli; primer principio de la termodinámica.
- 2.5 Grado de reacción.



Turbomáquinas hidráulicas

Tema 4: Detalles constructivos y diseño básico de bombas rotodinámicas

- 4.1 Tipos y clasificación.
- 4.2 Dimensiones geométricas más relevantes.
- 4.3 Ecuación del caudal a través del rodete.
- 4.4 El sistema difusor: función, ecuaciones y tipos.
- 4.5 Construcciones y aplicaciones más relevantes.

Tema 5: Curvas características de las bombas rotodinámicas.

- 5.1 La función $H_u = H_u(Q_{rod})$.
- 5.2 Las pérdidas hidráulicas: representación gráfica.
- 5.3 La curva $H = H(Q)$.
- 5.4 Las curvas de rendimiento y potencia absorbida en función del caudal: formas analíticas y representaciones gráficas.
- 5.5. Interacción de una bomba rotodinámica y la instalación: ecuación característica de la instalación; punto de funcionamiento; regulación por acción sobre la instalación; puntos de trabajo de bombas en serie y en paralelo; regulación de bombas en serie y en paralelo.

Tema 6: Leyes de semejanza y coeficientes característicos de las bombas rotodinámicas.

- 6.1 La semejanza en la experimentación con modelos de las TMH.
- 6.2 Coeficientes de velocidad.
- 6.3 Condiciones para la igualdad de los coeficientes de velocidad: igualdad de triángulos de velocidad; semejanza geométrica.
- 6.4 Coeficientes de presión y caudal: condiciones de igualdad.
- 6.5 Semejanza de bombas: criterios; puntos homólogos.
- 6.6 Leyes de semejanza.
- 6.7 Número específico de revoluciones.
- 6.8 Aplicaciones de las leyes de semejanza: número específico de revoluciones de máquinas múltiples; puntos homólogos en cambio de tamaño; puntos homólogos en cambio de velocidad; escalado.

Tema 7. Funcionamiento y selección de las bombas rotodinámicas.

- 7.1 Campos característicos: por cambio de velocidad y por torneado del rodete.



7.2 Cavitación y NPSH, NPSH disponible y NPSH requerido.

7.3. Golpe de ariete y cebado.

Tema 8. Particularidades de los ventiladores.

8.1 Parámetros particulares.

8.2 Formas constructivas y aplicaciones.

8.3 Coeficientes característicos y parámetros de semejanza.

8.4 Curvas características.

8.5 Interacción ventilador-instalación: curva característica de la instalación.

8.6 Regulación.

8.7 Selección.

Tema 9: Particularidades de las turbinas hidráulicas

9.1. Aplicación de las turbinas hidráulicas a generación de energía eléctrica.

9.2. Turbinas de reacción: elementos característicos; descripción de componentes.

9.3 Regulación.

9.4 Turbinas Francis y Kaplan.

9.5 Turbinas Pelton.

9.6 Cavitación.

Tema 3: Pérdidas, saltos energéticos, potencias y rendimientos en las turbomáquinas hidráulicas (TMH).

3.1 Introducción.

3.2 Significado de $Y_{u\infty}$ e Y_u ó H_u y $H_{u\infty}$.

3.3 Límites de entrada y salida de la máquina.

3.4 Salto energético en la máquina o altura entre límites en las TMH: la altura neta de las TH y la altura efectiva de las B.

3.5 Clasificación y estudio de las pérdidas.

3.6 Rendimientos y potencias.

Turbomáquinas térmicas

Tema 10. Pérdidas, saltos energéticos, potencias y rendimientos en las máquinas térmicas.



10.1 Introducción: características generales y tipos de máquinas térmicas.

10.2 Ecuaciones; significado de $Y_{U\infty}$ e Y_u y sus formulaciones.

10.3 Escalonamiento de una máquina térmica: límites y elementos; salto energético; el proceso en el plano h-s.

10.4 Clasificación de las pérdidas.

10.5 Rendimientos y potencias.

Tema 11. Detalles constructivos y diseño básico de máquinas térmicas.

11.1 Formas constructivas y aplicaciones.

11.2 Análisis de las coronas fijas: toberas y coronas inversoras.

11.3 Análisis de las coronas móviles: escalonamientos de acción y de reacción; triángulos de velocidades.

11.4 Escalonamientos de presión y de velocidad: características generales y relaciones entre ellos; número de escalonamientos.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

Metodología Presencial: Actividades

Clase magistral y presentaciones generales: Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes.

CG03, CEM03,
CEM08

Resolución en clase de problemas propuestos: Se explicarán, resolverán y analizarán problemas propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.

CG04

Prácticas de laboratorio. Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas de laboratorio regladas o diseños de laboratorio. Las prácticas de laboratorio podrán requerir la realización de un trabajo previo de preparación y finalizar con la redacción de un informe de laboratorio o la inclusión de las distintas experiencias en un cuaderno de laboratorio.

CG03, CG04,
CEM03, CEM08



Tutorías. Se realizarán en grupo o individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas.

CG03, CG04,
CEM03, CEM08

Metodología No presencial: Actividades

Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas.

CG03, CEM03,
CEM08

Análisis de problemas resueltos en clase.

CG04, CEM03

Resolución de problemas propuestos.

CG04, CEM03

Elaboración de informes.

CG03, CG04,
CEM03, CEM08

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Clase magistral y presentaciones generales	Resolución en clase de problemas prácticos	Prácticas de laboratorio, trabajo previo e informe posterior
28,00	20,00	12,00
HORAS NO PRESENCIALES		
Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos por parte del alumno	Prácticas de laboratorio, trabajo previo e informe posterior	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos por parte del alumno
52,00	12,00	56,00
CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas)		

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Pruebas tipo problema o caso práctico	<ul style="list-style-type: none"> Comprensión de conceptos. Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas. 	50 %
Pruebas tipo test	Comprensión de conceptos.	25 %



Informes de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Compresión de conceptos. • Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos y a la realización de prácticas en el laboratorio. • Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio. • Presentación y comunicación escrita. 	20 %
Participación activa en la realización de las prácticas de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Participación activa • Capacidad de trabajo en grupo. 	5 %

Calificaciones

- **Convocatoria ordinaria:**
- Un 75% la nota de teoría:
 - Examen parcial: Bombas y Ventiladores.
 - Nota ≥ 6.5 . Libera materia de Bombas y Ventiladores.
 - Examen final.
 - Nota ≥ 6.5 en parcial (40%). Examen de turbinas y térmicas (35%).
 - Nota < 6.5 en parcial (5%). Examen de bombas y ventiladores, turbinas y térmicas (70%).
- Un 25% la nota de laboratorio:
 - 20%: Nota media de los informes o cuadernos de laboratorio.
 - 5%: Participación activa en la realización de las prácticas de laboratorio.
- Cada examen está formado por una parte de teoría (test, 30%) y una parte de problemas (70%). Se exige una nota mínima de 3.0 en cada parte. En caso de no superarla, la nota global del examen será la menor nota obtenida.
- En la **convocatoria extraordinaria** se examinará aquella parte suspensa (teoría o laboratorio) o que no haya superado la nota mínima (test o problemas), manteniéndose la nota de la parte aprobada (o superior a la nota mínima). El criterio de ponderación es: 25% laboratorio (o examen de laboratorio), 75% nota del examen de la convocatoria extraordinaria (o nota de teoría en convocatoria ordinaria).

En ambas convocatorias, la media ponderada de teoría y laboratorio se efectuará sólo cuando ambas notas sean iguales o superiores a 5.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega



Lectura y estudio de los contenidos teóricos explicados en clase	Después de cada clase	
Intento de resolución de los problemas propuestos a realizar en clase	Antes de la clase	
Revisión y estudio de los problemas resueltos en clase	Después de la clase	
Intento de resolución de los problemas no realizados en clase. Consulta de la solución publicada en SIFO y solicitud de tutoría si es preciso.	Al finalizar cada tema	
Preparación de las pruebas que se realizarán en las horas de clase	Al finalizar el bloque de máquinas hidráulicas	
Preparación del examen final	Diciembre	
Elaboración de los informes de laboratorio	Después de cada práctica	

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- Claudio Mataix, Turbomáquinas Hidráulicas, Universidad Pontificia Comillas, 2ª edición, 2009.
- Claudio Mataix, Turbomáquinas Térmicas, Ed. Dossat, 3ª edición, 1991

Bibliografía Complementaria

- Dixon S. L. and Hall, C. A., Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery 6th ed., Bitterworth – Heinemann, Elsevier, 2010.
- Manuel Muñoz Torralbo, Turbomáquinas Térmicas. Fundamentos del diseño termodinámico, Universidad Politécnica de Madrid, 1ª edición, 2001.
- Lecuona A. y Nogueira J. I. Turbomáquinas. Procesos, análisis y tecnología. Editorial Ariel, 2000.