

FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre	Termodinámica
Código	AIM03
Titulación	Grado en Ingeniería Electromecánica
Curso	2º
Cuatrimestre	1º
Créditos ECTS	6 ECTS
Carácter	Obligatoria Común
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Universidad	Comillas
Horario	
Profesores	Eusebio Huélamo Martínez
Descriptor	

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Eusebio Huélamo Martínez
Departamento	Ingeniería Mecánica
Área	Energía
Despacho	
e-mail	ehm@empre.es
Horario de Tutorías	Previa cita con el profesor

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura

Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del graduado en Ingeniería Electromecánica esta asignatura pretende dotar al alumno de los conocimientos básicos para poder entender la energía y sus procesos de transformación, haciendo hincapié en las leyes que los regulan y en las restricciones a las que están sujetos.

Al finalizar el curso los alumnos serán capaces de determinar propiedades termodinámicas de cualquier sustancia; sabrán aplicar el balance másico, energético y entrópico a cualquier dispositivo térmico o hidráulico para valorar sus prestaciones, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo; sabrán resolver cualquier configuración de centrales térmicas basadas en ciclos Rankine, Brayton o combinados. Los conceptos aquí adquiridos sentarán las bases para el aprendizaje de asignaturas que estudiarán en los cursos posteriores como Climatización, Máquinas Volumétricas, Turbomáquinas e Ingeniería y Desarrollo Sostenible.

Además, esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-práctico por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico orientados a la resolución de cuestiones numéricas en las que se ejercitaran 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:

Mecánica I

- Estática
- Variación de la energía mecánica

Física

- Cinemática y dinámica de la partícula
- Trabajo y energía

Cálculo I

- Resolución de ecuaciones implícitas

Competencias - Objetivos

Competencias Genéricas del título-curso

CG3. 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.

CG4. 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.

CG5. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

CG7. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

Competencias Comunes de la rama industrial

CRI1. Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios

básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

Resultados de Aprendizaje¹

Conocer el vocabulario propio de la Termodinámica.

- RA1. Utiliza adecuadamente la terminología.
- RA2. Es capaz de distinguir la energía interna de las formas macroscópicas de energía.
- RA3. Determina adecuadamente el número de variables necesarias para definir el estado de un sistema.
- RA4. Entiende el comportamiento del gas ideal de forma fenomenológica a partir del termómetro de gas a volumen constante.

Determinar propiedades termodinámicas de cualquier sustancia según el modelo de comportamiento elegido.

- RA5. Utiliza correctamente las tablas termodinámicas para determinar la fase y las propiedades de una sustancia pura.
- RA6. Emplea correctamente el modelo de sustancia incompresible para determinar las propiedades de un sólido o líquido.
- RA7. Emplea correctamente el modelo de gas ideal para determinar las propiedades de un vapor sobrecalentado a temperatura mayor que su punto crítico.

Aplicar el balance energético a cualquier sistema cerrado con objeto de realizar una evaluación cuantitativa de sus prestaciones.

- RA8. Identifica el calor y el trabajo como fenómenos de frontera, siendo capaz de elegir el sistema más adecuado para la resolución de un problema.
- RA9. Calcula el trabajo y calor intercambiado en un proceso tanto si éste es cuasiestático como si no lo es, sabiendo hacer uso de las particularizaciones posibles en el primer caso.
- RA10. Calcula la energía interna y la entalpía en sustancias incompresibles, gases ideales y perfectos.

Aplicar el balance másico y energético a cualquier dispositivo térmico o hidráulico de interés industrial con objeto de realizar una evaluación cuantitativa de sus prestaciones.

- RA11. Expresa los flujos de materia en términos de caudales y gastos másicos.
- RA12. Plantea los balances energéticos y másicos en equipos industriales que operen en régimen permanente, resolviéndolos con ayuda de la determinación de propiedades y ecuaciones de proceso.
- RA13. Aplica la formulación propia de procesos cuasiestáticos a dispositivos en régimen permanente con una sola entrada y una sola salida.
- RA14. Plantea transitorios mediante las hipótesis de régimen uniforme, resolviéndolos con ayuda de la determinación de propiedades y ecuaciones de proceso.

Conocer algunas formulaciones del Segundo Principio y sus implicaciones prácticas.

¹ Los resultados de aprendizaje son indicadores de las competencias que nos permiten evaluar el grado de dominio que poseen los alumnos. Las competencias suelen ser más generales y abstractas. Los R.A. son indicadores observables de la competencia

- RA15. Identifica las máquinas térmicas de potencia y refrigeración, integrando en ellas cualquier tipo de ciclo.
- RA16. Plantea el rendimiento de cualquier ciclo de potencia y el COP de cualquier ciclo de refrigeración.
- RA17. Conoce los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius del Segundo Principio, siendo capaz de identificar las limitaciones que imponen a las máquinas térmicas.
- RA18. Percibe el Segundo Principio como una restricción natural a la ocurrencia de procesos y comprende que el cumplimiento del Primer Principio sólo es una condición necesaria para que un proceso pueda ocurrir.
- RA19. Aprecia las diferencias entre los diversos tipos de procesos reversibles.
- RA20. Conoce los teoremas de Carnot, en especial sus aplicaciones al establecimiento de la escala termodinámica de temperaturas y a la determinación de las máximas prestaciones de una máquina térmica.

Aplicar el balance de entropía a cualquier dispositivo térmico o hidráulico de interés industrial con objeto de realizar una evaluación cualitativa de sus prestaciones.

- RA21. Entiende la entropía como una herramienta para aplicar el Segundo Principio.
- RA22. Determina las diferentes causas del incremento de entropía.
- RA23. Es capaz de determinar la entropía generada por irreversibilidades internas, externas y totales a partir de la aplicación del balance de entropía al sistema adecuado.
- RA24. Es capaz de calcular la temperatura media entrópica de intercambio de calor de un proceso.
- RA25. Sabe determinar el incremento de entropía tanto en sustancias puras (mediante el uso de tablas y diagramas) como en modelos (incompresible, gas perfecto y gas ideal).
- RA26. Interpreta gráficamente las áreas en diagramas T-s y p-v, identificando en ellas la influencia de las irreversibilidades interiores.
- RA27. Sabe utilizar el rendimiento isentrópico para modelar máquinas adiabáticas que intercambian trabajo.

Resolver cualquier configuración de central térmica basadas en ciclo Rankine.

- RA28. Diferencia los principales tipos de centrales térmicas para producción de energía eléctrica.
- RA29. Comprende el fundamento termodinámico de las mejoras para incrementar el rendimiento de un ciclo de Rankine.
- RA32. Identifica los componentes de un ciclo Rankine.
- RA33. Identifica las principales aplicaciones del ciclo de Rankine en la generación eléctrica.

Resolver cualquier configuración de central térmica basadas en ciclo Brayton y combinado.

- RA34. Conoce y entiende las diferencias entre centrales de gas (ciclo Brayton) y de vapor (ciclo Rankine).
- RA35. Comprende el fundamento termodinámico de las mejoras para incrementar el rendimiento de un ciclo de Brayton.

RA36. Identifica los componentes de un ciclo Brayton.

RA37. Identifica las principales aplicaciones del ciclo de Brayton en la generación eléctrica.

RA38. Conoce y entiende los fundamentos de los ciclos combinados.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

BLOQUE 1: Fundamentos

Las líneas básicas contenidas en el programa se articulan alrededor de los conceptos fundamentales de la Termodinámica Técnica.

Tema 1: INTRODUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes y objeto.
- 1.2 Sistemas termodinámicos.
- 1.3 Formas de energía.
- 1.4 Propiedades termodinámicas.
- 1.5 Estado y equilibrio.
- 1.6 Procesos y ciclos.
- 1.7 El postulado de estado.
- 1.8 Variables de estado habituales.

Tema 2: PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Fase y sustancia pura.
- 2.3 La superficie p-v-T.
- 2.4 Tablas de propiedades.
- 2.5 Aproximaciones y modelos.

Tema 3: EL PRIMER PRINCIPIO EN SISTEMAS CERRADOS

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Transferencia de calor.
- 3.3 Transferencia de trabajo.
- 3.4 El Primer Principio.
- 3.5 Calores específicos.

Tema 4: EL PRIMER PRINCIPIO EN SISTEMAS ABIERTOS

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Balance másico.
- 4.3 Balance energético.
- 4.4 Sistemas en régimen permanente.
- 4.5 Sistemas en régimen uniforme.

Tema 5: EL SEGUNDO PRINCIPIO

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Focos y máquinas térmicas.
- 5.3 Enunciados del Segundo Principio.
- 5.4 Máquinas de movimiento perpetuo.
- 5.5 Procesos reversibles e irreversibles.
- 5.6 El ciclo de Carnot.
- 5.7 Los teoremas de Carnot.
- 5.8 Escala Termodinámica de temperaturas.
- 5.9 Prestaciones máximas de las máquinas térmicas.

Tema 6: ENTROPIA.

- 6.1 Introducción.
- 6.2 La desigualdad de Clausius.
- 6.3 Entropía.
- 6.4 Balance de entropía en sistemas cerrados.
- 6.5 Balance de entropía en sistemas abiertos.
- 6.6 Determinación de la entropía.
- 6.7 Representación de procesos cuasiestáticos.
- 6.8 Rendimientos isentrópicos.

Bloque 2: Aplicaciones**Tema 7. CENTRALES TÉRMICAS DE VAPOR**

- 7.1 Introducción.
- 7.2 Ciclo de Rankine básico.
- 7.3 Procedimientos para mejorar el rendimiento.
- 7.4 Ciclos reales.
- 7.5 Ciclos de Rankine orgánicos.

TEMA 8. CENTRALES TÉRMICAS DE GAS Y CICLO COMBINADO

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Ciclo simple.
- 8.3 Ciclo de Brayton regenerativo.
- 8.4 Ciclo regenerativo con interrefrigeración y recalentamiento.
- 8.5 Ciclos cerrados.
- 8.6 Ciclos combinados.
- 8.7 Cogeneración

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.

Se tendrá en cuenta que el curso está dirigido exclusivamente a alumnos repetidores, es decir, que todos han cursado al menos una vez la asignatura con anterioridad. Por ello, la metodología docente se adaptará a esta circunstancia.

La primera semana de clase se seguirá una metodología similar a la del curso anterior, con clases magistrales, sin demostraciones, siguiendo muy rápidamente las presentaciones del curso anterior. Al cabo de esa semana ya se habrá repasado materia suficiente como para seguir el procedimiento propuesto de manera que al final de esa semana (jueves), y lo mismo en semanas sucesivas, se entregarán una serie de problemas, referidos a la materia ya vista, que los alumnos deberán resolver y entregar, individualmente, al comienzo de la clase del miércoles de la semana siguiente. A partir de la segunda semana se dedicarán las dos primeras horas (lunes y martes) a repasar la teoría de forma muy rápida y conceptual y las dos siguientes para que los problemas propuestos el jueves de la semana anterior sean resueltos (explicada con detalle su resolución) en la pizarra, por alumnos que serán llamados aleatoriamente para hacerlo. Al final del curso todos los alumnos habrán pasado por este proceso varias veces cada uno. Una ausencia no justificada al ser llamado un alumno dará origen a un cero en el correspondiente problema.

Metodología Presencial: Actividades

1. **Lección expositiva.** El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante. Se hará especial hincapié en el significado de las ecuaciones y su aplicación. Las lecciones expositivas se producirán en las 2 primeras clases de la semana
2. **Resolución en clase de problemas propuestos.** En las 2 últimas clases de la semana los alumnos, llamados aleatoriamente, expondrán en la pizarra la resolución de un problema propuesto por el profesor en la semana anterior. Tales problemas propuestos deberán ser entregados por todos los alumnos en la tercera clase de la semana siguiente a su proposición. Al final del curso cada alumno habrá expuesto en la pizarra varios problemas.
3. **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.

Metodología No presencial: Actividades

1. Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas. Se empleará para ello el material presentado en transparencias y los apuntes de la asignatura.
2. Análisis de problemas resueltos en clase y cuyas dudas se aclararán en las tutorías.
3. Resolución de problemas propuestos y exámenes de cursos anteriores. Las dudas surgidas se atenderán en las tutorías.

El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los problemas.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Lección magistral	Resolución de problemas	Evaluación
28	24	4,5
HORAS NO PRESENCIALES		
Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre problemas	Preparación de pruebas de evaluación
40,5	63	20
		CRÉDITOS ECTS: 6 (180 horas)

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Realización de exámenes: <ul style="list-style-type: none"> • Examen Intercuatrimestral • Examen Final 	<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. - Presentación y comunicación escrita. - Se calificará con un máximo de 5 puntos (sobre 10) cualquier problema que tenga perfecto el planteamiento pero no alcance resultados correctos. 	75%
Realización de problemas: <ul style="list-style-type: none"> • Problemas entregados cada semana • Problemas expuestos en pizarra 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprensión de conceptos. - Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. - Exposición oral. - Se calificará con un máximo de 5 puntos (sobre 10) cualquier problema que tenga perfecto el planteamiento pero no alcance resultados correctos. - El peso de los problemas en la nota será uniforme, es decir, valdrán todos lo mismo, independientemente de que sean más o menos complicados. 	25%

Calificaciones.

Calificaciones

La calificación en la **convocatoria ordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Un 75% la calificación de los exámenes. La calificación del examen final supondrá un 50% de la calificación final en la asignatura mientras que la calificación del intercuatrimestral supondrá un 25%.
- Un 10% será la calificación de los problemas entregados todas las semanas.
- Un 15% será la calificación de los problemas presentados en la pizarra por cada alumno.
- En caso de que la media ponderada anterior resulte mayor de 5 la calificación de la asignatura será dicha media; en caso contrario será la nota mínima de dicha media y el examen final.

Convocatoria Extraordinaria

La calificación en la **convocatoria extraordinaria** de la asignatura se obtendrá

mediante un único examen final.

La inasistencia a más del 15% de las horas presenciales de esta asignatura puede tener como consecuencia la imposibilidad de presentarse a la convocatoria ordinaria de esta asignatura.

La ausencia no justificada al ser llamado un alumno para presentar el problema en la pizarra supondrá la calificación de cero en dicho problema.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades No presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
<ul style="list-style-type: none">Lectura de las transparencias que se exponen en clase	Antes de la clase	
<ul style="list-style-type: none">Estudio de las transparencias expuestas en clase	Después de la clase	
<ul style="list-style-type: none">Complemento del estudio de las transparencias con el material contenido en los apuntes	Después de la clase	
<ul style="list-style-type: none">Resolución de los problemas propuestos	Antes de la clase	
<ul style="list-style-type: none">Revisión y estudio de los problemas resueltos en clase	Después de la clase	
<ul style="list-style-type: none">Preparación de Examen intercuatrimestral y final.	Octubre y Diciembre	

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- J.I. Linares. Termodinámica Técnica y Máquinas Térmicas. Apuntes Comillas. Madrid 2015 (disponible en Moodle por capítulos)

Bibliografía Complementaria

- Y.A. Çengel, M.A. Boles. Termodinámica. (7ªed.). Mc Graw-Hill. México (2012).
- M.J. Moran, H.N. Shapiro. Fundamentos de Termodinámica Técnica (2ªed.). Reverté. Barcelona (2004).