



## **Grado en Ingeniería Química 29913 - Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor**

**Guía docente para el curso 2011 - 2012**

**Curso: 2, Semestre: 1, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **José María Cózar Bartos** jmc@unizar.es
- **Jesús Guallar Paracuellos** jguallar@unizar.es

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Se recomienda que el estudiante haya estudiado la parte correspondiente a Termodinámica en las asignaturas de Física I, Química y Ampliación de Química I.

Resultará imprescindible el manejo de conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, representaciones gráficas, etc. También la resolución de ecuaciones diferenciales sencillas tendrá cierta importancia para la parte de Transferencia de Calor. Todo ello se aprende en las asignaturas de Matemáticas correspondientes a Formación Básica.

Cabe recordar que el hábito de lectura facilitará la comprensión de los textos recomendados y, por tanto, propiciará el aprendizaje de la materia y mejorará el rendimiento académico.

Se recomienda al alumno la asistencia activa a las clases de teoría y problemas, así como un estudio continuo de la asignatura, la preparación de los problemas prácticos que puedan ser resueltos en sesiones posteriores, el estudio de los guiones y la elaboración de los resultados de las prácticas.

El trabajo constante es fundamental para superar con el máximo aprovechamiento esta asignatura, ya que en cada parte se estudia gradualmente un procedimiento de análisis coherente. Por ello, cuando surjan dudas, es importante resolverlas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en esta materia.

Para ayudarle a resolver sus dudas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

En el curso 2011-2012 las fechas de inicio y finalización de la asignatura y las horas concretas de impartición para cada grupo se podrán encontrar en la página web del Centro.

Desde el inicio del cuatrimestre los alumnos dispondrán del calendario detallado de actividades (prácticas y experiencias de laboratorio,...) que será proporcionado por el profesor correspondiente. No obstante, y de manera orientativa, el calendario será el siguiente:

- 1ª semana de octubre. Inicio de prácticas y clases en grupos pequeños.
- 3ª semana de diciembre. Fecha límite de entrega de los informes de prácticas y trabajos tutorados.

- Examen global. Fecha fijada por el centro.
- 

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Conoce las propiedades termofísicas de interés industrial y tiene capacidad para utilizar y seleccionar procedimientos y herramientas adecuadas para su cálculo.
- 2:** Conoce y aplica las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería.
- 3:** Conoce los criterios básicos para el análisis de ciclos termodinámicos.
- 4:** Conoce y aplica los mecanismos básicos de transmisión de calor al análisis de equipos térmicos.
- 5:** Resuelve razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica y transmisión de calor aplicados a la ingeniería.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura forma parte del grupo de materias obligatorias de la Rama Industrial. Se trata de una asignatura de 6 créditos que se imparte en el primer cuatrimestre de segundo curso en el Grado de Ingeniería Química. Su objetivo es capacitar al graduado para diseñar, analizar y mejorar instalaciones termo-químicas mediante la aplicación de los balances de masa, energía y entropía y los principios de transmisión de calor aprendidos en la asignatura. Estas habilidades se ampliarán en la asignatura de Termodinámica de segundo cuatrimestre de tercer curso

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura se ha planteado para que, una vez superada la evaluación, el alumno sea capaz de:

1. Calcular las propiedades termofísicas de un sistema mediante modelos sencillos, o mediante tablas.
2. Determinar las interacciones masa-energía de un sistema durante un proceso dado, mediante ecuaciones de proceso y ecuaciones de balance.
3. Conocer y aplicar las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería química.
4. Analizar las prestaciones de instalaciones energéticas basadas en ciclos termodinámicos: ciclos de potencia y de refrigeración, de compresión de vapor y turbina de gas.

5. Conocer los criterios básicos para las principales mejoras de funcionamiento y rendimiento de los ciclos termodinámico.
6. Conocer y aplicar los principios termodinámicos a sistemas multicomponentes capaces de cambiar la naturaleza química de sus componentes.
7. Aplicar las leyes básicas que rigen los tres mecanismos de transferencia de calor en situaciones sencillas
8. Manejar con soltura una herramienta informática para la simulación de sistemas térmicos y para la representación gráfica de los procesos que tienen lugar.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura abre el bloque formativo que podríamos denominar energético, proporciona los principios básicos para comprender las transformaciones energéticas y permite analizar y diseñar instalaciones térmicas para la generación, transferencia y uso de la energía.

Sirve de introducción para que el alumno aprenda el lenguaje y los conceptos básicos para comprender cualquier texto especializado o los manuales de los equipos más habituales en las instalaciones energéticas, tales como compresores, turbinas, bombas, intercambiadores de calor, etc.

Con esta materia, el alumno se familiariza con la metodología termodinámica para abordar, simplificar, modelar y simular instalaciones energéticas importantes tanto a nivel económico como social: centrales térmicas, turbinas de gas, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, etc. También aprende los aspectos básicos de los tres mecanismos de transferencia de calor, conducción, convección y radiación, y aprende a resolver problemas estacionarios en geometrías sencillas.

La asignatura resulta esencial para cursar las asignaturas posteriores de Termotecnia (obligatoria), y Fluidotécnica (obligatoria).

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

**1:**

### **Competencias genéricas:**

- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería Industrial necesarias para la práctica de la misma.
- Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

**2:**

### **Competencias específicas:**

- Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de Ingeniería.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El análisis y la optimización de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería Química, ya que son tecnologías que permiten el actual desarrollo social, tecnológico y económico.

De acuerdo con las competencias profesionales de esta titulación, el futuro graduado deberá abordar proyectos para mejorar el rendimiento de una instalación determinada, obtener el mismo resultado mediante un sistema o equipo diferente, utilizar un fenómeno particular con un fin determinado o inventar nuevas aplicaciones del mismo.

La asignatura de Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transmisión de Calor dota al estudiante de las herramientas básicas para abordar estas tareas con éxito, junto con asignaturas posteriores que profundizan en ciertos aspectos y presentan técnicas y métodos de análisis más avanzados.

---

## **Evaluación**

---

## Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** **Prácticas de laboratorio.** Carácter: presencial. Duración: 3 h. El estudiante se familiariza con los sistemas térmicos y con la toma y el análisis de datos experimentales. Aplica los procedimientos propios de la materia y entrega un informe de resultados.
- 2:** **Prácticas con herramientas informáticas.** Carácter: presencial. Duración: 3 h. El estudiante aprende a resolver problemas propios de la Ingeniería Térmica mediante herramientas informáticas. Resuelve problemas y cuestiones y entrega un informe de resultados.
- 3:** **Trabajos Tutorados.** Carácter: semipresencial. Duración total estimada: 6 h. El estudiante con la tutela del profesor resuelve un problema de cierta complejidad y entrega un informe de resultados.
- 4:** **Examen escrito.** Duración: 3 h. Constará de tres partes diferenciadas: una parte teórica en forma de cuestiones de tipo V/F y cuestiones cortas de tipo teórico-práctico; una segunda parte puramente práctica consistente en varios problemas similares a los resueltos en clase; una tercera parte que consistirá en la resolución de uno de los problemas planteados en las actividades prácticas (quedarán exentos de esta tercera parte aquellos estudiantes que hayan superado esta parte práctica durante el periodo docente, manteniéndose la nota obtenida).

## Criterios de valoración y niveles de exigencia

En todas las actividades de evaluación se valorarán los siguientes aspectos y cualidades en el grado indicado en cada caso:

- Realización propia de las tareas (fundamental): si se detectaran plagios o copia fraudulenta de los trabajos, la nota correspondiente será cero.
- Correcto planteamiento del procedimiento de resolución de las cuestiones y problemas planteados (fundamental).
- Exactitud del resultado obtenido.
- Existencia de cuestiones en blanco: se valorará negativamente no responder a ciertas preguntas planteadas.
- Corrección y claridad en la comunicación escrita (fundamental): correcta ortografía y expresión, letra clara, y estructura de contenidos coherente.
- Análisis crítico de los resultados (importante): coherencia, relación con otros aspectos de la asignatura, posibilidades de mejora, etc.

Adicionalmente, para las actividades prácticas y trabajos tutorados se valorará también:

- Entrega en el plazo estipulado (fundamental): no se admitirán informes fuera de la fecha límite, salvo causa justificada debidamente.
- Entrega en el formato y procedimiento indicado por el profesor.

## Procedimientos de evaluación

**1ª Convocatoria:** El procedimiento planteado consiste en un conjunto de pruebas que permiten superar el 100% de la asignatura. Algunas de ellas, las de tipo práctico, se habrán podido realizar durante el periodo docente, mientras que el examen escrito se realizará en el periodo de exámenes. La nota final se calculará mediante la ponderación de las notas de cada una de las partes, de acuerdo con los siguientes pesos:

70 % examen escrito (Teoría y Problemas, mínimo de 4 puntos en cada parte)

15 % trabajos tutorados (realización y entrega obligatorias)

15 % prácticas (realización y entrega obligatorias)

En el caso de que el estudiante no haya superado las actividades prácticas y trabajos tutorados durante el periodo docente, o quiera subir la nota obtenida en esa parte, tendrá derecho a un examen de prácticas y trabajos tutorados, que se realizará junto al examen de Teoría y Problemas, durante el periodo de exámenes y que tendrá un peso en la nota final del 30 %.

**2ª Convocatoria:** Idéntico al de la primera convocatoria.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

1. **Clases magistrales**, impartidas al grupo completo, en las que el profesor explicará los principios básicos de la asignatura y resolverá algunos problemas representativos de la aplicación los contenidos a casos realistas del futuro ejercicio profesional. Se buscará la participación de los alumnos en esta actividad. Paralelamente el alumno debe realizar trabajo personal de estudio para un mejor aprovechamiento de las clases.
2. **Prácticas de simulación con ordenador y de laboratorio** que se distribuyen a lo largo del cuatrimestre y cuya valoración formará parte de la calificación final de la asignatura. Se formarán grupos de dos o tres alumnos, con ello se fomenta el aprendizaje y el trabajo en grupo.
3. **Trabajos tutorados en grupos pequeños** (parejas idealmente): mediante una herramienta informática los estudiantes analizan y resuelven un problema de la asignatura. Se potencia el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo.
4. **Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales** a los resueltos en clase. Con ello se fomenta el trabajo autónomo, estudiando la materia y aplicándola a la resolución de los ejercicios planteados. Esta actividad dirigida, pero de ejecución autónoma, es fundamental en el proceso de aprendizaje del alumno y para la superación de las actividades de evaluación.
5. **Tutorías académicas:** el profesor pondrá a disposición del estudiante ciertos procedimientos para el planteamiento y la resolución de dudas. Se recomienda el uso de estas tutorías para asegurar el adecuado progreso en el aprendizaje.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**  
**Programa teórico**

**Tema 1: Introducción a la Termodinámica Técnica.** Introducción y Definiciones. Sistemas y procesos.

**Tema 2: Comportamiento empírico de la materia.** Calentamiento Isobaro de un líquido. Cambio de fase. Diagramas T-v, P-v, P-T Mezclas bifásicas. Líquido subenfriado. Sustancia incompresible. Gases reales.

**Tema 3: Primer Principio.** Formulaciones matemáticas. Balances de materia y energía para sistemas abiertos. Aplicación a equipos de interés industrial. Llenado y vaciado de depósitos.

**Tema 4: Segundo Principio.** Introducción. Procesos reversibles e irreversibles. Formulaciones. Ciclo de Carnot. Definición y cálculo de la entropía. Diagramas T-s y h-s. Balance de entropía en sistemas abiertos. Procesos isoentrópicos. Rendimiento isoentrópico de equipos. Calor y trabajo para procesos politrópicos.

**Tema 5: Ciclos de Turbina de Gas.** Ciclos de Carnot y de Joule-Brayton. Procesos y diagramas de flujos. Balances de energía. Rendimientos. Turbina de gas en circuito abierto: procesos, balances, rendimientos .Ejemplos.

**Tema 6: Ciclos de Vapor.** Introducción. Temperatura termodinámica media Ciclos de vapor de agua: Carnot, Rankine Normal. Vapor sobrecalentado. Recalentamiento intermedio .Irreversibilidades y pérdidas. Ciclo regenerativo. Ciclo Real.

**Tema 7: Ciclos de producción de frío.** Aplicaciones. Propiedades termofísicas de las sustancias refrigerantes. Ciclos de compresión de vapor. Diagrama P-h. Bomba de calor. Irreversibilidades. Ciclo frigorífico real. Ciclo de compresión de gas.

**Tema 8: Sistemas Multicomponentes reactivos y no reactivos:** Mezclas de gases Disoluciones ideales. Equilibrio líquido-vapor. Psicrometría. Termoquímica

**Tema 9: Conducción.** Introducción a la transferencia de calor. Ecuación de la conducción del calor. Propiedades térmicas de la materia. Condiciones iniciales y de frontera. Conducción unidimensional estacionaria. Conducción multidimensional estacionaria.

**Tema 10: Convección.** Introducción. Ecuaciones de transferencia de masa, momento y energía. Análisis dimensional y correlaciones experimentales. Convección forzada. Convección natural

**Tema 11: Intercambiadores de calor.** Tipos y descripción general. Intercambiadores de una sola corriente. Intercambiadores de dos corrientes. Coeficiente global de transferencia de calor. Método e – NUT.

**Tema 12: Radiación:** Conceptos fundamentales. Intensidad de radiación. Cuerpo negro. Ley de Stefan-Boltzmann. Propiedades de los cuerpos reales. Ley de Kirchhoff. Cuerpo gris. Radiación ambiental.

2:

### Programa de actividades prácticas

Las prácticas y trabajos podrán versar sobre alguno de los siguientes contenidos:

- Cálculo de propiedades de sustancias
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de vapor
- Modelado de ciclos de potencia con turbina de gas
- Modelado de ciclos de refrigeración
- Modelado de ciclos MACI
- Balance de energía en un freno electromagnético
- Caracterización experimental del funcionamiento de un ciclo frigorífico
- Caracterización experimental del funcionamiento un enfriador evaporativo
- Modelado de intercambiadores de calor
- Dimensionado óptimo de aislamientos
- Caracterización experimental de la transferencia de calor en un banco de tubos

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

### Recursos y bibliografía

#### Recursos

La comunicación entre el estudiante y el profesor se gestionará a lo largo del curso mediante la plataforma del **Anillo Digital Docente** (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En ella el profesor podrá distribuir los materiales de la asignatura (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), realizar anuncios y notificaciones a los estudiantes, enviar y recibir correos y poner a disposición de los estudiantes las herramientas para la realización en el envío de los informes de las actividades de aprendizaje.

#### Bibliografía

1:

##### Bibliografía de referencia

- Fundamentos de Termodinámica Técnica. Moran M. J., Shapiro H. N., 2ª Edición, Reverté, Barcelona (2004).
- Termodinámica. Çengel Y.A., Boles M.A., 6ª Ed., McGraw-Hill, México (2009).
- Termodinámica Técnica (2 vol). Velasco C., Martínez A., Gómez T., Prensas Universitarias Zaragoza (2011).
- Fundamentos de Transferencia de Calor. Incropera F.P., DeWitt D.P., 4ª Edición, Prentice Hall, New York (1999).
- Transferencia de calor y masa. Çengel Y.A., 3ª Edición, McGraw-Hill, México (2007).
- Transferencia de Calor. Marín J. M. , Monné C., Uche J., Kronos, Zaragoza (1998).
- Fundamentals of Thermal Fluid Sciences. Çengel, Y. A., Turner, R. M. Mc Graw Hill, (2001)
- Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics and Heat Transfer. Moran, M. J., Shapiro, H. N., Nunson, B. R., Dewitt, D. P. John Wiley & Son (2003)

## 2: Bibliografía para resolución de problemas y prácticas

- Ejercicios Resueltos de Termodinámica Técnica. Guallar, J. Kronos, Zaragoza (2000)
- Problemas de Termodinámica Técnica. Turégano J.A., Velasco, M.C., Gómez, T. (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).
- Prácticas de simulación de Termodinámica Técnica. Turégano J.A., Velasco, M.C., Martínez, A., Gómez, T., (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).
- Prácticas de Termodinámica. Peña B., Gil, A., 1ª Edición, Prensas Universitarias de Zaragoza (2009).

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

1. Çengel, Yunus A.. Termodinámica / Yunus A. Çengel, Michael A. Boles ; revisión técnica, Sofía Faddeeva Sknarin . 6ª ed. Mexico [etc.] : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2009
2. Çengel, Yunus A.. Transferencia de calor y masa : fundamentos y aplicaciones / Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar ; revisión técnica Rosario Dávalos Gutiérrez, Juan José Coble Castro, Sofía Faddeeva Sknarina, Álvaro Ochoa López . 4ª ed. México D.F. : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2011
3. Moran, Michael J.. Fundamentos de termodinámica técnica / Michael J. Moran, Howard N. Shapiro . 2ª ed. en español, reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, D. L. 2005
4. Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
5. Çengel, Yunus A.. Fundamentals of thermal-fluid sciences / Yunus A. Çengel, Robert H. Turner . Boston, Massachusetts [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2001
6. Introduction to thermal systems engineering : thermodynamics, fluid mechanics, and heat transfer / Michael J. Moran ... [et al.] . [New York] : John Wiley & Sons, cop. 2003