



Grado en Ingeniería Mecánica

29713 - Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 2, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **José María Cózar Bartos** jmc@unizar.es
- **Javier Pallarés Ranz** jpallare@unizar.es
- **Francisco Javier Royo Herrero** fjroyo@unizar.es
- **Ignacio Zabalza Bribian** izabal@unizar.es
- **Amaya Martínez Gracia** amayamg@unizar.es
- **Sergio Usón Gil** suson@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

El estudiante debería haber estudiado con aprovechamiento las asignaturas de Física I y Química, en particular la parte correspondiente a Termodinámica.

Resultará imprescindible el manejo de conceptos matemáticos, tales como derivadas e integrales básicas, funciones logarítmicas y exponenciales, interpolaciones, 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 la asignatura de Matemáticas correspondiente a Formación Básica.

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

Se recomienda a los estudiantes la asistencia activa a las sesiones de teoría, problemas y prácticas. El trabajo continuo de la asignatura es decir, la revisión diaria o semanal de los conceptos teóricos y de los problemas prácticos resueltos en las sesiones presenciales, así como la elaboración regular de los trabajos prácticos, facilita la asimilación de los conceptos clave y la adquisición de los procedimientos de resolución de los problemas, que son los principales objetivos docentes.

Todo estudiante matriculado en esta materia deberá asumir que el trabajo continuado es fundamental para superar la asignatura ya que constantemente se introducen conceptos nuevos, que se basan en los conceptos estudiados anteriormente y necesitan de ellos para su comprensión. Por lo tanto, es importante resolver las dudas cuanto antes para garantizar el progreso correcto en la materia. Solo de esta forma se podrá lograr un aprendizaje significativo de los conceptos y contenidos y por lo tanto superar la asignatura al final del cuatrimestre con el máximo aprovechamiento. Para ayudarle en esta tarea, el estudiante cuenta con la asesoría de los profesores, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a tal fin.

Actividades y fechas clave de la asignatura

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 (<http://eina.unizar.es/>).

Desde el inicio del cuatrimestre los estudiantes dispondrán del calendario detallado de actividades (trabajos, prácticas y experiencias de laboratorio,...) que les será proporcionado por el profesorado correspondiente.

Para conocer las fechas oficiales de exámenes deberá consultarse la web del centro (fechas de la primera y segunda convocatoria).

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

1:

1. Manejar correctamente las unidades básicas de las propiedades termofísicas y otras magnitudes termodinámicas y las transformaciones de las mismas.
2. Calcular las propiedades termofísicas de las sustancias puras de interés industrial mediante gráficas, tablas, modelos simplificados o aplicaciones informáticas.
3. Identificar el tipo de proceso y condiciones de equilibrio en un sistema en función de las ligaduras del mismo.
4. Identificar los equipos que conforman las instalaciones y ciclos termodinámicos más significativos.
5. Describir sucintamente los principios básicos de funcionamiento y los objetivos de cada equipo.
6. Aplicar las leyes fundamentales termodinámicas para el cálculo de los flujos de calor y trabajo en los diferentes equipos térmicos.
7. Calcular y estimar razonadamente los términos de los balances de masa, energía y entropía que modelan el comportamiento básico de los equipos e instalaciones más importantes en ingeniería térmica y energética.
8. Dibujar en los diagramas termodinámicos más convenientes la evolución de las propiedades del fluido a lo largo de dichos equipos e instalaciones.
9. Analizar las prestaciones de las instalaciones energéticas basadas en los ciclos termodinámicos: ciclos de potencia (turbina de vapor, turbina de gas, motores alternativos) y ciclos de refrigeración.
10. Conocer los criterios básicos termodinámicos para mejorar el funcionamiento y rendimiento de los ciclos termodinámicos.
11. Aplicar las leyes básicas que rigen los tres mecanismos de transferencia de calor en instalaciones sencillas.
12. Relacionar las condiciones en las que se produce la transferencia de calor en un sistema con las herramientas y procedimientos de cálculo correspondientes.
13. Resolver razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica y transmisión de calor aplicados a la ingeniería.
14. Manejar con soltura distintas herramientas informáticas para la simulación de sistemas térmicos que incorporen la evaluación de propiedades termodinámicas y la representación de los diagramas termodinámicos asociados.
15. Relacionar el uso y consumo de la energía térmica y sus transformaciones, con la problemática medioambiental.
16. Desarrollar actitudes de ahorro y eficiencia energética en el manejo de las instalaciones, para minimizar su impacto ecológico.
17. Practicar el trabajo colaborativo y en equipo.

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 Mecánica. La Termodinámica Técnica y

Fundamentos de Transmisión de Calor (TT & FTQ) es la primera asignatura de la carrera en la que los estudiantes toman contacto con aplicaciones tecnológicas, dando respuestas coherentes a preguntas tan básicas para un ingeniero mecánico como cuáles son, cómo funcionan y para qué se utilizan los equipos más importantes y habituales en Ingeniería Térmica y de Procesos.

También fundamenta, de forma rigurosa, el concepto de energía, preocupación mundial en el presente siglo, e íntimamente relacionada con el cambio climático al estar los sistemas de producción de electricidad y de automoción mayoritariamente basados en la combustión de carbón, gas natural, derivados del petróleo, etc., en los que se emite el gas CO₂, uno de los principales responsables del efecto invernadero sobre nuestro planeta, que ya está afectando al clima a escala mundial.

Otro aspecto muy importante es el manejo coherente de las unidades de medida de las magnitudes tecnológicas, sus múltiplos y sus transformaciones. Una misma magnitud, como por ejemplo la energía, se puede expresar en muy diferentes unidades tales como: kWh (kilowatio-hora) unidad en la que se basa el recibo de consumo de energía eléctrica de un hogar o una empresa, julio, caloría, etc. En cualquier caso se dará especial importancia a las unidades de sistema internacional (S.I.) para habituar a su manejo sistemático.

Conviene destacar que raramente un equipo se encuentra aislado en una industria, sino que forma parte de un conjunto más amplio de equipos a los que se encuentra conectado por tuberías y válvulas. A ese conjunto de equipos interconectados con un determinado objetivo se le denomina instalación. Por ejemplo, una instalación de refrigeración básica incluye diferentes intercambiadores de calor, válvulas y un compresor por los que circula un fluido de trabajo, en este caso un refrigerante. El estudio de la asignatura capacita al estudiante para analizar no sólo los equipos individuales sino también las instalaciones de las que forman parte.

Un conjunto muy importante de instalaciones realizan procesos denominados ciclos, que tienen la particularidad de que su origen y su final están conectados, es decir, el fluido a su paso por la instalación empieza en unas ciertas condiciones térmicas (estado termodinámico) y termina en el mismo estado. Se pretende el funcionamiento estable y continuo en el tiempo de la instalación. Por ejemplo, los ciclos termodinámicos de potencia (en centrales térmicas, termosolares, etc.) transforman los combustibles fósiles (carbón, gas natural, gasoil, etc.) o la energía solar en electricidad, que constituye un gran porcentaje de la energía consumida por las sociedades industrializadas.

El cálculo del rendimiento de dichos ciclos —qué fracción o porcentaje del combustible inicial se consigue transformar en electricidad— tiene serias implicaciones energéticas, medioambientales y económicas. Una vez más, la TT & FTQ habilita para esos cálculos.

Finalmente, el dimensionado de los equipos de intercambio de calor, piezas clave de los ciclos de potencia y refrigeración, se basa en los principios de la transmisión de calor. También el cálculo de las pérdidas térmicas de una vivienda o una nave industrial, los tratamientos térmicos, las aplicaciones de la energía solar, y en general cualquier proceso térmico necesitan para su análisis de la combinación de la Termodinámica Técnica con los fundamentos de la Transmisión de Calor.

Los contenidos de la asignatura son los siguientes:

- Conceptos de introducción y definiciones básicas.
- Propiedades de las sustancias puras.
- Primer y Segundo Principios de la Termodinámica y sus balances correspondientes.
- Ciclos de potencia y refrigeración e instalaciones correspondientes.
- Introducción a la transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Fundamentos de conducción del calor. Introducción a la transferencia de calor por convección.

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:

Objetivos generales

1. Desarrollar capacidad para utilizar y seleccionar procedimientos y herramientas adecuados para el cálculo de las propiedades termofísicas de interés industrial.
2. Aplicar las leyes de la termodinámica al análisis energético de equipos y procesos básicos en ingeniería.
3. Conocer los criterios básicos para el análisis de ciclos termodinámicos.
4. Conocer y aplicar los mecanismos de transmisión de calor al análisis de equipos y sistemas térmicos sencillos.
5. Resolver razonadamente problemas básicos de termodinámica técnica y transmisión de calor aplicados a la ingeniería.
6. Desarrollar el pensamiento crítico, mediante el análisis individual y colectivo de datos y resultados en el funcionamiento de las instalaciones y los efectos derivados.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura Termodinámica Técnica y Fundamentos de la Transmisión de Calor (TT & FTQ) abre el bloque formativo que podríamos denominar energético, estudiando los principios básicos que rigen las transformaciones energéticas de tipo térmico y permite analizar y diseñar instalaciones térmicas para la generación, transferencia y uso de diferentes formas de energía.

La TT & FTQ es la asignatura de base de algunas de las materias más importantes de los estudios de Ingeniería Mecánica, ya que abarca no sólo el análisis de los procesos térmicos —producción y absorción de potencia mecánica (motores y turbomáquinas, compresores, bombas, etc.), y la producción de frío/calor (equipos de intercambio de calor, calderas, evaporadores, condensadores, etc.)—, sino también buena parte de los procesos fluidomecánicos y químicos.

Con esta materia, los estudiantes se familiarizan con la metodología termodinámica necesaria para abordar, simplificar, modelar y simular muy diversas instalaciones energéticas, importantes tanto a nivel económico como social: industrias de procesos químicos, agroalimentarias, cerámicas, papeleras, transporte, aviación, etc., así como centrales térmicas de producción de electricidad, turbinas de gas, motores alternativos de combustión interna para automoción, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, etc.

Finalmente, el dimensionado básico de muchos equipos térmicos se basa en la combinación de la Termodinámica Técnica con los tres mecanismos de transmisión de calor, conducción, convección y radiación, de ahí la conveniencia de que la asignatura combine las dos materias: Termodinámica Técnica y Transmisión de Calor.

La asignatura resulta esencial para cursar las asignaturas posteriores de Máquinas y Motores Térmicos (obligatoria), e Ingeniería Térmica (obligatoria).

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

1:

Competencias:

1. Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
2. Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería Industrial necesarias para la práctica de la misma.
3. Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
4. Aplicar conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor: principios básicos y resolución de problemas.

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

El análisis, diseño y mejora de instalaciones energéticas es de vital importancia para el Graduado en Ingeniería Mecánica, ya que son tecnologías que promueven el ahorro y la eficiencia energéticas, aspectos fundamentales del actual desarrollo social, tecnológico y económico.

De acuerdo con las competencias profesionales de esta titulación, el futuro graduado puede abordar proyectos de diseño de instalaciones térmicas simples; o proyectos en los que se analice y optimice una instalación ya en funcionamiento, dentro de la gran variedad de instalaciones térmicas posibles.

La formación recibida habilitará para sugerir cambios a sistemas o equipos existentes, que significarán una clara innovación

tecnológica, mejorando el rendimiento termodinámico de una instalación y/o reduciendo costes. Conviene destacar que cualquier mejora en una instalación de la eficiencia y el ahorro energéticos influye muy favorablemente no sólo desde el punto de vista puramente económico sino también en el medio ambiente al reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustibles.

La formación recibida le permitirá interpretar con soltura la bibliografía técnica correspondiente, manuales, catálogos de equipos y/o instalaciones referentes a ingeniería térmica, así como aplicar con conocimiento de causa la gran variedad de normativa oficial, tanto nacional como internacional, existente en este campo y que es necesario usar en el ejercicio de la profesión tales como: los procedimientos de cálculo del rendimiento de ciclos de potencia de vapor de agua, de calderas de recuperación, etc. normas ASME (American Society of Mechanical Engineers); protocolo de aceptación y recepción de instalaciones de potencia de turbina de gas (normas ASME y British Standard Institute); normativa nacional sobre instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS) y de calefacción solar, calderas industriales y domésticas, instalaciones de refrigeración industrial o doméstica, aislamiento en edificación, etc.

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

Evaluación

Actividades de evaluación

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

- 1:** Se detallan en los subapartados siguientes: instrumentos de evaluación, criterios de valoración y niveles de exigencia, procedimientos de evaluación

Instrumentos de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha logrado superar los resultados de aprendizaje mediante las siguientes actividades de evaluación:

- **Sesiones prácticas.** Carácter: presencial. Duración de la sesión: 3 h. Se realizarán prácticas de laboratorio y prácticas informáticas. En las primeras, el estudiante se familiariza con sistemas térmicos reales instrumentados, con la toma de medidas y el análisis de datos experimentales. Aplica los procedimientos propios de la materia y entrega un informe de resultados. En las prácticas con herramientas informáticas, el estudiante aprende a resolver problemas propios de la Ingeniería Térmica mediante herramientas informáticas. Resuelve problemas y cuestiones y entrega un informe de resultados.
- **Trabajos tutorados.** Carácter: semipresencial. Duración total estimada: 20 h. El estudiante con la tutela del profesor resuelve problemas de cierta complejidad y entrega un informe de resultados.
- **Examen escrito.** Duración: 4 h. Constará de dos partes diferenciadas: una teórica y otra de problemas.

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 profesorado.

Procedimientos de evaluación

Se llevarán a cabo las siguientes evaluaciones:

- *Evaluación procesual*: evaluación formativa y sumativa a lo largo del proceso, para medir cómo se van asimilando los aprendizajes (realización periódica de trabajos tutorados puntuables con evaluación continua) y actividades prácticas con entrega del guión correspondiente

- *Evaluación final*: evaluación sumativa, para valorar el resultado final del aprendizaje (examen).

1ª Convocatoria: El procedimiento planteado consiste en un conjunto de pruebas que permiten superar la asignatura con una **nota global igual o superior a 5** puntos sobre 10. 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 50% y Problemas 50%) Nota mínima 4.0 en cada parte.
- 15 % trabajos tutorados
- 15 % prácticas

2ª Convocatoria: El procedimiento es idéntico al de la 1ª convocatoria.

En el caso de que el estudiante no haya superado los trabajos tutorados y prácticas durante el curso, deberá realizar, en el periodo de exámenes, un examen escrito (85% de la nota final; Nota mínima de 5.0 en cada parte) y un examen de prácticas (15% de la nota final).

^aExamen:

- El examen se compone de dos partes, una de teoría (50%) y otra de problemas (50%).
- Se valorará especialmente la explicación de la metodología seguida para la resolución de los problemas, la utilización correcta de las unidades, y el análisis de los resultados.

^bTrabajos y prácticas:

- Los trabajos y prácticas no entregados median con cero en el cálculo de la nota final de esta parte.
- Ninguna de las actividades tiene validez para el curso próximo. Esto es, si se repite la asignatura, deben repetirse las prácticas y trabajos.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

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

Promover y estimular el trabajo autónomo del estudiante, con un enfoque constructivista que requiere de la participación activa y continuada del estudiante en su proceso de aprendizaje, pasando el profesorado a un segundo plano, de forma que fundamentalmente su intervención se centre en la orientación del estudiante y de su trabajo personal. Es por ello que tiene un peso importante en la asignatura la evaluación continua y los trabajos a completar regularmente a lo largo de todo el curso por parte de los estudiantes, donde se manejen los conceptos de la asignatura y se profundice en los mismos. Todo

ello se llevará a cabo mediante lo siguiente:

1. Clases magistrales
2. Prácticas de simulación con ordenador y prácticas en laboratorio.
3. Trabajos tutorados
4. Planteamiento de ejercicios, cuestiones y problemas adicionales a los resueltos en clase.
5. Tutorías académicas
6. Evaluación

Cada estudiante debe asistir a las sesiones de teoría y de prácticas **del grupo en el que está matriculado**.

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:

1. Clases magistrales (45 horas presenciales)

Esta actividad se plantea con un enfoque eminentemente práctico y en ella se sintetizan los contenidos fundamentales de la materia y se establece la metodología de resolución de ejercicios prácticos, seleccionados de entre los más representativos y relevantes, para facilitar la comprensión y asimilación de dicha metodología, de forma que los estudiantes sean capaces después de aplicarla en su trabajo personal. Se pretende la participación activa del estudiante. Para ello se informará con anticipación de los problemas de la colección que se resolverán en la sesión, de forma que se utilicen las propias de los estudiantes como punto de partida. Esta actividad se realiza en el aula de forma presencial. Paralelamente, es condición fundamental que los estudiantes realicen un trabajo personal de estudio y preparación para un óptimo aprovechamiento de las clases.

Los contenidos de la asignatura se desarrollan en los siguientes temas:

- Tema 1. Conceptos básicos: estado termodinámico, equilibrio, procesos o cambios de estado, variables de estado y de proceso.
- Tema 2. Comportamiento de las sustancias puras. Sistemas heterogéneos.
- Tema 3. Tratamiento de las sustancias puras.
- Tema 4. Primer principio de la termodinámica. Dispositivos.
- Tema 5. Procesos de producción de trabajo y ciclos termodinámicos.
- Tema 6. Segundo Principio de la Termodinámica: ley de degradación de la energía.
- Tema 7. Segundo y tercer principios. Entropía.
- Tema 8. Ciclos de potencia de gas.
- Tema 9. Ciclos de potencia en turbinas de vapor.
- Tema 10. Ciclos frigoríficos de vapor.
- Tema 11. Introducción a la transferencia de calor.
- Tema 12. Conducción del calor.
- Tema 13. Fundamentos de la transferencia de calor por convección.

2. Prácticas de ordenador/laboratorio (15 horas presenciales)

Las prácticas tienen por objeto complementar las clases de teoría y problemas, estimulando tanto el trabajo autónomo como el trabajo en equipo mediante la aplicación práctica de los conceptos (aplicación de los diferentes modelos al cálculo de propiedades, análisis gráfico de procesos y ciclos termodinámicos, cálculo de balances y rendimientos en las instalaciones), para facilitar la comprensión de los mismos y el estudio general de la asignatura.

Las sesiones presenciales de estas actividades prácticas, de alrededor de 3 horas de duración, se realizan en grupos de 20 personas, favoreciendo así el intercambio de ideas profesor-alumno y un ambiente más relajado que la clase magistral. Se considera un ámbito privilegiado para la explicación pausada y el desarrollo en profundidad de temas técnicos de interés relevante para el futuro ejercicio profesional del graduado. También permite al estudiante entrar en contacto con medidas experimentales sobre instalaciones reales verificando por sí mismo la aplicabilidad al mundo real de los conceptos de Termodinámica Técnica y de los fundamentos de la Transmisión de calor.

En las prácticas se utilizarán dos herramientas informáticas (Termograf y EES). Se utilizarán también las instalaciones disponibles en los laboratorios del área de Máquinas y Motores Térmicos...

Indicaciones importantes para la realización de las prácticas:

- Cada estudiante asiste a las sesiones prácticas en el grupo en el que está matriculado
- Es responsabilidad de los estudiantes estar informados de las fechas de comienzo de las prácticas en cada periodo lectivo. El detalle de sesiones se encuentra disponible en el ADD.
- Es **responsabilidad de los estudiantes descargarse del ADD los guiones de la sesión de prácticas**, así como otros materiales que el profesor considere necesario para el desarrollo de la misma.
- **Se recomienda encarecidamente acudir a la sesión con el guión previamente leído.**
- No se puede cambiar de grupo salvo causa puntual y justificada y solicitándolo previamente en el ADD al profesor responsable.
- La entrega de los guiones cumplimentados se hará a través del ADD o en papel, según se avise, al profesor que la haya impartido y dentro del plazo dado (15 días).
- Los guiones de prácticas se realizarán en grupos de dos personas

Dependiendo del calendario lectivo y de prácticas del curso, y con el objetivo final de que estas sesiones complementen y refuercen las clases magistrales, los contenidos de las 5 sesiones se elegirán entre los siguientes temas propuestos:

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

3. Trabajos tutorados (20 horas)

Los estudiantes analizan y resuelven sistemáticamente a lo largo del cuatrimestre problemas clave de la asignatura y estudian diferentes opciones, que en general se resolverán con la ayuda de alguna herramienta informática para facilitarles los procedimientos de cálculo más tediosos y repetitivos. Se posibilita así que dediquen tiempo suficiente a profundizar en el análisis y la comprensión de los conceptos favoreciendo el aprendizaje significativo de los mismos. Mediante esta tipo de trabajos se potencia tanto el aprendizaje autónomo como el trabajo en grupo. Este trabajo personal suele ser tanto trabajo previo como continuación de las sesiones presenciales de teoría y de prácticas.

4. Estudio y trabajo personal (64 horas)

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 para el proceso de aprendizaje del estudiante y para la superación de las actividades de evaluación.

Es importante que el estudiante desarrolle de manera constante, y con dedicación uniforme a lo largo del cuatrimestre, su trabajo personal de estudio y de resolución de problemas, que se complementan con las 20 horas no presenciales de realización de trabajos tutelados ya comentados.

5. Tutorías

El estudiante que lo desee acudirá al profesor a plantearle dudas de la asignatura. El alumnado dispone de un horario de atención de tutorías. Se recomienda el uso de estas tutorías para asegurar el adecuado progreso en el aprendizaje.

6. Evaluación (4h)

Además de su función calificadora, la evaluación es también una herramienta de aprendizaje con la que el estudiante conoce el grado de comprensión y asimilación que ha alcanzado en la materia.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales de teoría y problemas, así como las sesiones de prácticas/trabajos tutelados se imparten según el horario establecido por el centro y es publicado con anterioridad a la fecha de comienzo del curso.

Materiales de referencia

El estudiante a lo largo del curso puede conseguir los materiales de referencia (apuntes, cuestiones, problemas, exámenes tipo, tablas, etc.), en el servicio de reprografía y en la plataforma del Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza. En la Biblioteca del centro también existen ejemplares de los libros recomendados.

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).
- **Fundamental of Thermodynamics.** Borgnakke, C. Y Sonntag, R.E. Ed. John Wiley & Sons.
- **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)
- **Fundamentos de Transferencia de Calor.** Incropera F.P., DeWitt D.P., 4ª Edición, Prentice Hall, New York (1999).
- **Transferencia de calor y masa.** Mills A.F.. Ed Irwin.

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., Martínez, A., Gómez, T. (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).
- **Prácticas de simulación de Termodinámica Técnica.** Turégano J.A., Velasco, M.C., Gómez, T., (2008) versión digital Creative Commons (<http://termograf.unizar.es>).

Herramientas informáticas

- EES Manual. <http://www.fchart.com/> (ADD).
- Termograf (programa, manual, ejemplos y problemas) (<http://termograf.unizar.es>).

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Çengel, Yunus A.. Fundamentals of thermal-fluid sciences / Yunus A. Çengel, Robert H. Turner . Boston, Massachusetts [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2001
- Çengel, Yunus A.. Termodinámica / Yunus A. Çengel, Michael A. Boles ; revisión técnica, Ignacio Apraiz Buesa ... [et al.] . 7ª ed. Mexico [etc.] : McGraw-Hill Interamericana, cop. 2012
- 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
- Incropera, Frank P.. Fundamentos de transferencia de calor / Frank P. Incropera, David P. DeWitt . 4a ed. México : Prentice Hall, 1999
- Introduction to thermal systems engineering : thermodynamics, fluid mechanics, and heat transfer / Michael J. Moran ... [et al.] . [New York] : John Wiley & Sons, cop. 2003
- Marín Herrero, José María. Transferencia de calor / Jose Ma. Marín y Carlos Monné . - 1a ed. Zaragoza : Kronos, 1998
- Mills, Anthony F.. Transferencia de calor / Anthony F. Mills ; versión en español de Sergio de Régules Ruiz-Funes ; con la colaboración técnica de Eduardo Muñoz Tomás y Víctor Hugo del Valle Muñoz Barcelona [etc.] : Irwin, D.L. 1995
- Moran, Michael J.. Fundamentos de termodinámica técnica / Michael J. Moran, Howard N. Shapiro . 2ª ed. en español, reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, D. L. 2005
- Velasco Callau, María Carmen. Termodinámica técnica (II) : termodinámica aplicada a instalaciones térmicas / Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez Gracia y Tomás Gómez Martín . 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza,

2011

- Velasco Callau, María Carmen. Termodinámica técnica / Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez Gracia y Tomás Gómez Martín . 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010
- Wylen, Gordon J. Van. Fundamentos de termodinámica / Gordon J. Van Wylen, Richard E. Sonntag, Claus Borgnakke . - 2a ed. en español México : Limusa wiley, cop. 1999
- [Resolución de problemas y prácticas] - Guallar Paracuellos, Jesús. Ejercicios de termodinámica técnica / Jesús Guallar Paracuellos . 1a. ed. Zaragoza : Universidad, Centro Politécnico Superior, 2000