

INGENIERÍA TÉRMICA

Curso 2017/2018

(Código: 28806080)

1. PRESENTACIÓN

La asignatura de Ingeniería Térmica está estructurada en dos partes perfectamente diferenciadas:

Transferencia de calor

Termodinámica técnica

La transferencia de calor es una ciencia básica que trata de la rapidez de transferencia de energía térmica. Tiene una amplia área de aplicación que va desde los sistemas biológicos hasta los aparatos domésticos comunes, pasando por los edificios residenciales y comerciales, los procesos industriales, los aparatos electrónicos y el procesamiento de alimentos.

La termodinámica técnica se dedica al estudio de la generación de energía térmica a través del proceso de combustión, así como al análisis de las características de diseño de los equipos en los que se aprovecha la energía térmica generada, prestando especial atención al estudio de las plantas de potencia y los motores térmicos.

Para valorar la importancia que tiene la termodinámica técnica en la sociedad cabe destacar que en la actualidad la gran mayoría de la energía consumida en el mundo tiene como origen la combustión, ya que los combustibles fósiles, de los que dependemos fundamentalmente, y algunos combustibles de origen renovable, liberan la energía química asociada a su estructura molecular a través de dicho proceso. Aunque todavía con incidencia muy escasa, otras energías renovables también generan fluidos con elevada energía térmica (energía solar térmica y energía geotérmica). De todo ello se desprende la importancia de la termodinámica técnica, que aborda el diseño y principio de funcionamiento de los equipos, máquinas y motores encargados de generar, transformar y aprovechar la energía térmica.

Para este curso, se parte de la idea que los estudiantes tienen bases adecuadas en cálculo y física. Igualmente resulta necesario tener completado los cursos de termodinámica, mecánica de fluidos y ecuaciones diferenciales antes de abordar el estudio de la transferencia de calor. Sin embargo, los conceptos pertinentes que pertenecen a estos temas son presentados y revisados según se va necesitando.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

La Ingeniería Térmica se cursa en el primer semestre del primer curso y es una asignatura básica en la formación académica, profesional y personal del estudiante dentro del plan de estudios para la obtención del Master Universitario en Ingeniería Industrial. Al ser competencia de la Termodinámica los balances de energía y las propiedades de las sustancias puras, es imprescindible el dominio de estos conceptos, así como los mecanismos básicos de la transferencia de calor, para comprender otras asignaturas tales como Mecánica de Fluidos, Máquinas térmicas, Centrales termoeléctricas, etc.

3. REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para este curso, se parte de la idea que los estudiantes tienen bases adecuadas en cálculo y física. Igualmente resulta necesario tener completado los cursos de termodinámica,

mecánica de fluidos y ecuaciones diferenciales antes de abordar el estudio de la Ingeniería Térmica. No obstante, con el objetivo de facilitar el estudio y de poner de relieve qué conocimientos son indispensables que el alumno posea para asimilar adecuadamente la materia, se ha decidido incluir un anexo al final del libro en el que se revisan de forma breve los conceptos que se consideran fundamentales para llegar a entender en profundidad el principio de funcionamiento de las máquinas térmicas.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Con el estudio de esta asignatura se pretende que el alumno llegue a comprender los mecanismos básicos de la transferencia de calor y los fundamentos teóricos precisos para el análisis del funcionamiento de las máquinas térmicas y de los equipos asociados a las mismas, para lo cual se establecen los siguientes objetivos:

Entender como están relacionados entre sí la termodinámica y la transferencia de calor

Distinguir la energía térmica de las otras formas de energía, así como la transferencia de calor de las otras formas de transferencia de energía.

Identificar los mecanismos de transferencia de calor que en la práctica ocurren de manera simultánea.

Entender por qué en una máquina térmica motora es posible extraer energía térmica del fluido que la atraviesa y transformarla en energía mecánica que pueda ser utilizada en diversas aplicaciones.

Distinguir entre máquina térmica motora y motor térmico.

Entender la diferencia y conocer cómo se define el rendimiento en el caso de los motores de combustión externa y en el caso de los de combustión interna.

Conocer qué es un motor de combustión interna alternativo, su constitución física, sus elementos constructivos fundamentales, así como los procesos que tienen lugar en este tipo de motores.

Utilizar los conceptos estudiados en termodinámica en relación con los ciclos de turbina de gas y turbinas de vapor

Los resultados de aprendizaje esperados, que indican el cumplimiento de dichos objetivos, son:

- 1.- Realizar balances generales de energía y balances de energía superficial.
- 2.- Darse cuenta del costo asociado a las pérdidas de calor
- 3.- Resolver diversos problemas de transferencia de calor que se encuentran en la práctica
4. Conocer los principales campos de aplicación de los distintos tipos de motores y máquinas térmicas, así como las razones por las cuales entran en competencia en las distintas aplicaciones, pudiendo justificar cuáles son más idóneos en cada caso y comprender el papel que juegan los equipos térmicos, generadores de vapor y cámaras de combustión, en las instalaciones de potencia
5. Saber discutir desde un punto de vista termodinámico, como afectan los parámetros de diseño del motor sobre su rendimiento.
6. Conocer cómo ha sido la evolución en el diseño de las turbinas de gas a lo largo de los años y cuál es el estado del arte actual, de estas plantas de potencia en cuanto a niveles de potencia máxima y rendimiento.
7. Conocer los ciclos de vapor que se emplean en aplicaciones industriales.
8. Saber valorar los impactos sociales, económicos y ambientales de procesos térmicos.

5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

El temario de la asignatura está dividido en tres bloques o unidades didácticas.

Unidad Didáctica 1

Capítulo 1. Mecanismos básicos de transmisión de calor y propiedades termofísicas de los materiales. (1 semana)

1. Consideraciones generales.
2. Conducción. Ley de Fourier.
3. Convección. Ley de enfriamiento de Newton.
4. Radiación. Leyes que rigen la radiación.
5. Propiedades termofísicas de los materiales: densidad, conductividad térmica, coeficiente de dilatación térmica, calor específicos, viscosidad, difusividad térmica.

Capítulo 2. Conducción del calor. (1 semana)

1. Consideraciones generales.
2. Conducción del calor a través de superficies planas.
3. Conducción del calor a través de superficies cilíndricas.
4. Superficies adicionales: aletas anulares.

Capítulo 3. Convección del calor. (1.5 semanas)

1. Consideraciones generales: capa límite térmica e hidrodinámica
2. Números adimensionales utilizados
3. Convección forzada en régimen laminar y turbulento:
 - 3.1. Convección forzada en el interior de tuberías y tubos cilíndricos.
 - 3.2. Convección forzada, flujo externo, conducto circular, flujo perpendicular.
4. Convección libre en régimen laminar y turbulento:
 - 4.1. Convección libre alrededor de superficies planas/cilindros verticales
 - 4.2. Convección libre alrededor de placas horizontales
 - 4.3. Convección libre alrededor de cilindros horizontales largos

Capítulo 4. Condensación y ebullición. (1.5 semanas)

1. Consideraciones generales: Tipos de condensación; condensación en película; modos de ebullición; curva de ebullición; ebullición nucleada y en película.
2. Números adimensionales utilizados
3. Condensación en película: correlación para placas/cilindros verticales; placas

horizontales; exterior de cilindros horizontales;

4. Ebullición nucleada; flujo calorífico máximo; ebullición en película sobre un cilindro o esfera de diámetro D.

Capítulo 5. Cambiadores de calor (2 semanas)

1. Consideraciones generales: tipos de cambiadores de calor.

2. Representación gráfica de la evolución de temperatura en un cambiadores de calor: diferencia de temperaturas logarítmico media.

3. Coeficiente global de transmisión de calor

4. Cálculo de cambiadores empleando el método del factor de aproximación F.

5. Cálculo de cambiadores con el método NTU

Unidad Didáctica 2

Capítulo VI. MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS. GENERALIDADES (22 páginas 0,5 semana)

6.1 Introducción

6.2 Concepto de máquina térmica

6.3 Clasificación de las máquinas de fluido

6.3.1 Distinción entre máquina hidráulica y máquina térmica

6.3.2 Clasificación de las máquinas térmicas

6.4 Motores térmicos de combustión interna y de combustión externa. Distinción entre máquina térmica y motor térmico

6.5 Rendimiento de los motores térmicos

6.5.1 Rendimiento del ciclo y rendimiento de la instalación

6.5.2 Rendimiento exergético

6.6 Cogeneración

6.7 Campos de aplicación de los motores térmicos

Capítulo VII. GENERALIDADES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS (55 páginas- 1,5 semana)

7.1 Componentes y procesos básicos de un motor de combustión interna alternativo

7.2 Clasificación de los MCIA

7.2.1 Según el proceso de combustión

7.2.2 Según el modo de realizar el ciclo

7.2.3 Según el tipo de refrigeración

7.2.4 Según la presión de admisión

7.2.5 Según el número y disposición de cilindros

7.3 Evolución del fluido de trabajo durante el funcionamiento del motor Diagrama $p-v$ y diagrama del indicador

7.3.1 Diagrama $p-a$

7.3.2 Diagrama del indicador

7.4 Parámetros, prestaciones y curvas características del motor

7.5 Ciclos del aire equivalente

7.5.1 Ciclo de aire equivalente de volumen constante

7.5.2 Ciclo de aire equivalente de presión limitada

Unidad Didáctica 3

Capítulo VIII. TURBINAS DE GAS PARA LA OBTENCIÓN DE POTENCIA MECÁNICA (45 páginas - 1,5 semana)

8.1 Introducción

8.2 Tipos de instalaciones

8.3 Análisis termodinámico de los ciclos de aire ideales

8.3.1 Ciclo Brayton ideal de aire simple

8.3.2 Ciclo Brayton ideal de aire regenerativo

8.3.3 Ciclo ideal compuesto

8.4 Elección de los parámetros que definen del ciclo termodinámico de una turbina de gas

8.4.1 Ciclo simple

8.4.2 Ciclo simple regenerativo

8.4.3 Ciclo compuesto

8.4.4 Ciclo compuesto regenerativo

8.5 Comportamiento de las turbinas de gas en el punto de diseño

Capítulo IX. INSTALACIONES DE POTENCIA BASADAS EN TURBINAS DE VAPOR Y CICLOS COMBINADOS (1,5 semana)

9.1 Componentes principales de las instalaciones de potencia basadas en turbinas de vapor.

9.2 Influencia de los parámetros termodinámicos de las centrales de ciclo de vapor

9.2.1 Influencia de la presión del vapor a la entrada de la turbina

9.2.2 Influencia de la temperatura del vapor vivo

9.2.3 Influencia de la presión de condensación

- 9.3 Ciclos de vapor utilizados en grandes centrales de vapor
 - 9.3.1 Ciclos de vapor con recalentamiento intermedio
 - 9.3.2 Ciclos de vapor regenerativos
- 9.4 Turbinas de vapor en usos industriales
 - 9.4.1 Cogeneración en plantas de ciclo de vapor
 - 9.4.1.1 Turbinas con toma intermedia
 - 9.4.1.2 Turbinas de contrapresión
- 9.5 Definición y clasificación de las calderas
 - 9.5.1 Calderas de tubos de humo o piro tubulares
 - 9.5.2 Calderas de tubos de agua o acuotubulares
- 9.6 Definición y clasificación de ciclos combinados
- 9.7 Esquema general de una planta de ciclo combinado de turbina de gas y de vapor
- 9.8 Caldera de recuperación de calor

Capítulo 10. CONCEPTOS BÁSICOS GENERALES SOBRE TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS *(37 páginas- 1,5 semanas)*

- 10.1 Ecuación fundamental de las turbomáquinas
- 10.2 Análisis del intercambio energético que tiene lugar en las turbomáquinas
- 10.3 Estructura de las turbomáquinas térmicas
- 10.4 Clasificación de las turbomáquinas térmicas
- 10.5 Aplicación de las ecuaciones y conceptos anteriores a turbinas y compresores. Tipos de escalonamientos
 - 10.5.1 Turbomáquinas térmicas axiales
 - 10.5.1.1 Turbomáquinas axiales de reacción
 - 10.5.1.2 Turbomáquinas axiales de acción
 - 10.5.1.3 Turbocompresores axiales
 - 10.5.2 Turbomáquinas térmicas radiales
 - 10.5.2.1 Turbinas centrípetas
 - 10.5.2.2 Turbocompresores centrífugos
- 10.6 Criterios que se utilizan para definir el rendimiento de las turbomáquinas térmicas
- 10.7 Origen de las pérdidas en las turbomáquinas
- 10.8 Potencia interna y Potencia efectiva.
- 10.9 Campos de aplicación de las turbinas axiales y de las turbinas centrípetas.

10.10 Comparación entre compresores axiales, centrífugos y volumétricos.

ANEXO. PROCESOS EN FLUIDOS COMPRESIBLES (repasso—no forma parte del temario)

A.1 Introducción

A.2 Procesos termodinámicos de importancia en el estudio de las máquinas y los motores térmicos

A.3 Principios y ecuaciones que rigen el comportamiento de los flujos compresibles

A.3.1 Principio de conservación de la masa

A.3.2 Primer Principio de la termodinámica

A.3.3 Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento

A.3.4 Segundo Principio de la termodinámica

A.3.5 Exergía y balance energético

A.3.6 Ecuaciones de Gibbs

A.3.7 Ecuaciones calóricas

A.3.8 Trabajo intercambiado con el entorno

A.5 El Factor de Carnot. Rendimiento máximo de los motores térmicos.

A.7 Expansión y compresión en conductos, toberas y difusores

A.7.1 Efecto de la compresibilidad

A.7.2 Forma del conducto en toberas y difusores

A.7.4.4 Evaluación de las pérdidas en toberas y difusores

A.7.4.4.1 Comparación de los casos de expansión y compresión

A.7.4.4.2 Coeficientes para evaluar la fricción en toberas y difusores

6. EQUIPO DOCENTE

- [ALICIA MAYORAL ESTEBAN](#)
- [MARTA MUÑOZ DOMINGUEZ](#)
- [RUBEN BARBERO FRESNO](#)

7. METODOLOGÍA

El estudio de cada uno de los temas debe comenzar con la lectura detallada del correspondiente capítulo del texto base, para después proceder al estudio propiamente dicho: identificación y análisis de los puntos fundamentales, elaboración de esquemas conceptuales y sinópticos, relaciones del tema en estudio con otros temas. Cada capítulo contiene numerosos ejemplos de ejercicios que esclarecen los contenidos e ilustran el uso de los principios básicos. Se recomienda el seguimiento detallado de estos ejemplos de ejercicios como una actividad que facilita el aprendizaje de la asignatura.

La labor personal y continuada del alumno es imprescindible para el proceso de aprendizaje, por lo que, cuando se halla comprendido cada tema perfectamente, se pasará a la resolución de forma completa y detallada del mayor número posible de los ejercicios propuestos por el equipo docente, repasando todos aquellos conceptos que se hallan manifestado oscuros por algún "tropiezo" en la resolución de los mismos.

También es importante hacer un análisis del resultado de los ejercicios, con el doble fin de relacionar unos procesos con otros y de adquirir un cierto sentido de la "medida".

Si después de un esfuerzo personal razonable, se le plantea alguna duda sobre los contenidos teóricos o bien, no puede resolver algún ejercicio, no dude en acudir a su tutor o en cualquier caso, al equipo docente de la asignatura en la Sede Académica Central (bien personándose en la Escuela, bien a través del teléfono, e-mail, o bien a través de los foros habilitados al efecto en el curso virtual).

8. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788436267549

Título: INGENIERÍA TÉRMICA (2014)

Autor/es: María José Montes Pita ; Antonio Rovira De Antonio ; Marta Muñoz Dominguez ;

Editorial: Universidad Nacional de Educación a Distancia

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Existe una adenda de tablas y diagramas termodinámicos, publicada por la UNED, y disponible en las librerías de la misma Universidad. Para el correcto estudio y resolución de ejercicios es necesario el uso de las citadas tablas.

9. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9788436262643

Título: MÁQUINAS TÉRMICAS

Autor/es: Marta Muñoz Domínguez ; Rovira De Antonio, Antonio José ;

Editorial: U N E D

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9789701061732

Título: TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA (tercera)

Autor/es: Cengel, Yunus A. ;

Editorial: MCGRAWHILL

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

La UNED tiene desarrollados cursos virtuales que permiten al alumno comunicarse con el equipo docente, con los tutores en los Centros Asociados, y entre los alumnos entre sí. Estas actuaciones hacen que las dudas que surgen en el estudio de la asignatura se puedan resolver con facilidad. Tanto la sede central de la UNED como sus Centros Asociados disponen de biblioteca, donde el alumno puede encontrar tanto la bibliografía básica como la complementaria y otros medios de apoyo que facilitan al alumno el estudio de la asignatura.

11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La UNED asignará a cada alumno un Profesor-Tutor a quién podrá dirigirse para efectuar consultas y realizar el seguimiento de la asignatura.

El equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días de guardia donde el alumno podrá localizar a los profesores y consultarles lo que consideren para resolver las dudas que se les planteen en el estudio de la asignatura. El alumno también puede dirigirse en todo momento, al equipo docente de la asignatura, a través de los foros habilitados al efecto en el curso virtual.

Dirección postal

E.T.S de Ingenieros Industriales. U.N.E.D.

C/ Juan del Rosal, 12

28040 Madrid

Profesor Luis Rodríguez Motiño –Despacho 0.18

Horario de guardia

Profesor Luis Rodríguez Motiño:

miércoles de 15:00 a 19:00 horas. Despacho 0.18.

Teléfono: 91 398 6462

e-mail: lerodriguez@ind.uned.es

12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Pruebas presenciales

Al tratarse de una asignatura de duración cuatrimestral e impartida en el primer cuatrimestre, existe una única Prueba Presencial al finalizar éste. Aquellos alumnos que no superen la asignatura en la misma pueden hacer uso de la convocatoria de septiembre.

La prueba presencial constará de una parte teórica y/o otra práctica. En la parte teórica, el alumno contestará de forma breve y razonada a una o varias preguntas del temario de la asignatura. La parte práctica consistirá en la resolución de uno o dos ejercicios: Los ejercicios propuestos no consistirán, en ningún caso, en la redacción de temas; se tratará siempre de ejercicios activos: resolución de problemas o análisis de cuestiones no incluidas explícitamente en el texto. En cada Prueba Presencial, el alumno dispondrá de un tiempo máximo de dos horas, tanto para la contestación de la parte teórica como para la resolución del conjunto de ejercicios propuestos. En ningún caso se permitirá el uso de

ordenadores portátiles como material de apoyo.

Para superar la asignatura es preciso obtener una calificación mínima de aprobado (5 puntos sobre 10) en una Prueba Presencial.

En la evaluación de los ejercicios propuestos en la Prueba Presencial se tendrá en cuenta prioritariamente el planteamiento coherente del ejercicio, la decisión razonada de hipótesis de cálculo, el conocimiento de las fuentes de datos, la coherencia dimensional y adecuación de unidades y la capacidad de detectar resultados claramente erróneos o incoherentes. En segundo lugar, la estimación correcta de los datos precisos para la resolución del ejercicio y sólo en tercer lugar la obtención de resultados numéricamente correctos. Debe ponerse aquí de manifiesto que en Ingeniería la obtención de un resultado numéricamente correcto es fundamental, sin embargo, el Equipo Docente estima que la situación anímica del alumno en el momento del examen puede ser fuente de generación de errores de cálculo, que evidentemente no podrían tolerarse en el ejercicio profesional.

Pruebas de evaluación a distancia

Como sistema de evaluación continua de los aprendizajes y con carácter voluntario, el alumno podrá realizar dos pruebas de evaluación a distancia. La primera prueba de evaluación a distancia consiste en la resolución de los ejercicios de autocomprobación propuestos al final de los cinco primeros capítulos. La segunda prueba de evaluación a distancia consiste en la resolución de unos problemas de los capítulos seis al diez. Los enunciados de estos problemas serán propuestos cada curso por el equipo docente y personalizados para cada alumno, por lo que cada alumno se pondrá en contacto con el profesor de la asignatura, para la entrega de los enunciados de los problemas y su posterior resolución, todo ello a través del curso virtual.

La contribución de las pruebas de evaluación a distancia, a la evaluación final, se tendrá en cuenta, siempre que la calificación obtenida en la prueba presencial del correspondiente curso académico sea no inferior a 5 puntos. Cada prueba de evaluación a distancia podrá valorarse hasta 1 punto. La calificación final se obtendrá sumando la calificación media obtenida en las pruebas de evaluación a distancia a la calificación obtenida en la prueba presencial en que se supere la asignatura.

Las pruebas de evaluación a distancia se entregarán al tutor de la asignatura. La primera prueba de evaluación a distancia se entregará al finalizar la sexta semana del comienzo lectivo del primer cuatrimestre, y la segunda prueba de evaluación a distancia se entregará al finalizar la primera semana lectiva después de las vacaciones de Navidad.

13. COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.