



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Guía docente de la asignatura

Transmisión de Calor

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

CSV:	nwsdWyV5iuyTMXLef7lcsyrso	Fecha:	16/01/2019 13:13:19	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/nwsdWyV5iuyTMXLef7lcsyrso	Página:	1/16	

1. Datos de la asignatura

Nombre	Transmisión de Calor(<i>Heat Transfer</i>)				
Materia*	Ingeniería Energética				
Módulo*	Materias comunes				
Código	507102010				
Titulación	Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática				
Plan de estudios	2009				
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Cuatrimstral	Cuatrimestre	2	Curso	2º
Idioma	Español				
ECTS	4,5	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	135

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Francisco Javier Sánchez Velasco		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos		
Ubicación del despacho	3ª Planta Edificio ETSII Hospital de Marina. Despacho 3023		
Teléfono	968 325306	Fax	968 325999
Correo electrónico	Fjavier.sanchez@upct.es		
URL / WEB	Aula Virtual UPCT y www.upct.es/~ditf/mste/		
Horario de atención / Tutorías	Indicado en web/puerta del despacho en el Dpto.		
Ubicación durante las tutorías	Indicado en la web/puerta del despacho en el Dpto.		

Perfil Docente e investigador	Ingeniero Industrial. Profesor Ayudante Doctor. profesionalmente con las distintas tecnologías para el aprovechamiento de las energías alternativas, las pilas de combustible y las técnicas de eficiencia energética
Experiencia docente	10 años de experiencia docente universitaria en las áreas de máquinas y motores térmicos y mecánica de fluidos.
Líneas de Investigación	Seguridad nuclear, combustión de propulsores, refrigeración
Experiencia profesional	7 años de experiencia profesional en el ámbito de la energía y en centros de investigación.
Otros temas de interés	-

Otros profesores	Juan Pedro Luna Abad		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos		
Ubicación del despacho	2ª Planta edificio de Ingeniería Naval y Oceánica, Desp. 2.40		
Teléfono	968 32 5991	Fax	968 32 5999
Correo electrónico	Jp.lunaabad@upct.es		
URL / WEB			
Horario de atención / Tutorías	Consultar horario oficial en Aula Virtual		
Ubicación durante las tutorías	Ubicación indicada despacho		

Titulación	Doctor Ingeniero Industrial
Vinculación con la UPCT	Profesor Colaborador
Año de ingreso en la UPCT	2001
Nº de quinquenios (si procede)	2
Líneas de investigación (si procede)	Investigación en modelos numéricos de transferencia de calor
Nº de sexenios (si procede)	
Experiencia profesional (si procede)	Un año en el Centro Tecnológico del Metal
Otros temas de interés	

Profesor	José Muñoz Cámara		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos		
Ubicación del despacho	ETSII, 2ª Planta, Sala I+D		
Teléfono	968 32 5994 / 868 07 1058	Fax	968 32 5999
Correo electrónico	jose.munoz@upct.es		
URL / WEB			
Horario de atención / Tutorías	Consultar horario oficial en Aula Virtual		
Ubicación durante las tutorías	Consultar ubicación en Aula Virtual		

Titulación	Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Vinculación con la UPCT	Laboral Investigación en Formación
Año de ingreso en la UPCT	2017
Nº de quinquenios (si procede)	
Líneas de investigación (si procede)	Mejora de la transferencia de calor; Mezclado
Nº de sexenios (si procede)	
Experiencia profesional (si procede)	Modelado de motores diésel (Navantia)
Otros temas de interés	

Otros profesores	Manuel Castillo Meseguer		
Departamento	Ingeniería Térmica y de Fluidos		
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos		
Ubicación del despacho	2ª Planta ETSII		
Teléfono		Fax	968 32 5999
Correo electrónico	Manuel.castillo@upct.es		
URL / WEB	http://www.upct.es/~ditf/		
Horario de atención / Tutorías	Consultar horario oficial en Aula Virtual		
Ubicación durante las tutorías	Departamento Ing. Térmica y de Fluidos		

Titulación	Ingeniero Industrial
Vinculación con la UPCT	Profesor Asociado
Año de ingreso en la UPCT	2016
Nº de quinquenios (si procede)	
Líneas de investigación (si procede)	
Nº de sexenios (si procede)	
Experiencia profesional (si procede)	Ingeniero de Proyecto, más de 10 años en proyectos relacionados con la industria petroquímica e industria alimentaria
Otros temas de interés	

3. Descripción de la asignatura

3.1.Descripción general de la asignatura

La asignatura de Transmisión del Calor pertenece a la materia de Ingeniería Energética. Después de cursar esta asignatura los alumnos de la Titulación de Graduado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática deberán alcanzar un conocimiento de los conceptos elementales de la física del calor. Deberán ser capaces de aplicar los conocimientos básicos de la profesión relacionados con el análisis de sistemas térmicos y energéticos, desde el punto de vista del calor, siendo una de las bases para el desarrollo de otras competencias dentro del campo de la ingeniería térmica en la industria. Se fomentará principalmente el desarrollo de habilidades y competencias genéricas como el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

3.2.Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

En la práctica totalidad de los procesos industriales se produce una transferencia de calor, por ello el conocimiento de las leyes que rigen las diferentes formas en que se da este fenómeno es vital en ingeniería. El calor se transfiere básicamente por tres procesos; conducción, convección y radiación. En la naturaleza, todos los mecanismos de transmisión intervienen simultáneamente con distintos grados de importancia. Desde luego, diseñando los experimentos adecuadamente, es posible lograr que sólo uno de ellos sea el dominante.

El conocimiento de estas leyes y los resultados asociados es básico en Ingeniería Térmica, por ejemplo, para el diseño de un sistema aleteado en un sistema de refrigeración, o para la optimización o diseño de un intercambiador de calor a emplear en cualquier instalación química, refinería de petróleo, etc. El estudio de la radiación térmica es necesario para el análisis de sistemas de generadores térmicos mediante energía solar o para el análisis de generadores de vapor, bien sea para la determinación de su eficiencia energética o simplemente para conocer las características asociadas a los diferentes modos de transferencia de calor que en él tienen lugar. Por otra parte, el conocimiento de los procesos de transferencia de calor en procesos con cambio de fase (condensación y evaporación) es de vital importancia para el perfecto diseño térmico de estos elementos.

Además de los métodos analíticos y de los métodos gráficos iterativos que pueden ser usados y que fueron ideados para resolver los problemas de conducción de calor, hoy día sólo se resuelven los problemas de transmisión de calor por cálculo numérico con ayuda de ordenador, utilizándose la teoría para comprobar los órdenes de magnitud y resolver algún problema modélico por desarrollos en serie u otros métodos que también requieren en último término el cálculo numérico por ordenador.

Por esta razón se considera esta asignatura totalmente necesaria para una formación integral del estudiante del GIEIA actual, ya que con el estudio de la Transmisión del Calor se dan los pasos previos para el posterior desarrollo de la Ingeniería Térmica (sistemas de refrigeración, acondicionamiento de aire, además de las energías renovables; materias que podrá elegir el alumno como asignaturas optativas). Cabe citar la importancia de adquirir estos conocimientos con el fin de diseñar los elementos de control y automatismos necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones.

3.3.Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura de Transmisión del Calor se complementa con otras de materias comunes como Termodinámica Aplicada y Mecánica de Fluidos.

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No existen.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es recomendable haber aprobado las asignaturas 'Matemáticas' y 'Física I' antes de cursar la asignatura 'Transmisión de Calor'.

3.6. Medidas especiales previstas

Ver nota al final del punto 7.1.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

- 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.

4.3. Competencias específicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

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

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T1 - Comunicarse oralmente y por escrito de manera eficaz, nivel 2.

4.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

1. Identificar los mecanismos de transferencia de calor involucrados en diferentes problemas de interés tecnológico.
2. Enunciar las leyes que permiten calcular el intercambio de calor por conducción, convección y radiación.
3. Calcular el calor intercambiado por conducción y dimensionar las superficies de transferencia de calor en paredes aisladas y en superficies aleteadas.
4. Calcular procesos de transferencia de calor por convección libre y forzada.
5. Calcular el calor intercambiado entre dos superficies por radiación y mediante mecanismos combinados (conducción-convección-radiación).
6. Analizar, calcular y dimensionar intercambiadores de calor de tubos concéntricos y de carcasa-tubo.
7. Participar y colaborar activamente en un grupo de trabajo, analizar y sintetizar información, comunicarse oralmente y por escrito de manera eficaz.

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Mecanismos básicos de la transmisión de calor. Problemas típicos de transmisión de calor en la industria. Conducción de calor. Cálculo de aislamiento térmico. Estudio de superficies adicionales. Convección: determinación de coeficientes de transmisión de calor. Transmisión de calor bifásica. Intercambiadores de calor. Radiación térmica. Intercambio de energía radiante.

5.2. Programa de teoría(unidades didácticas y temas)

UD 1. Introducción a la transmisión de calor

Tema 1. Conceptos básicos de la transmisión de calor

UD 2. Transmisión de calor por conducción

Tema 2. Fundamentos de transmisión de calor por conducción

Tema 3. Superficies extendidas. Aletas

Tema 4. Conducción unidimensional y bidimensional en régimen permanente

Tema 5. Conducción en régimen transitorio

UD 3. Transmisión de calor por convección

Tema 6. Fundamentos de transmisión de calor por convección

Tema 7. Convección forzada. Flujo externo e interno

Tema 8. Convección libre

UD 4. Transmisión de calor por radiación

Tema 9. Fundamentos de la transmisión de calor por radiación

Tema 10. Intercambio de radiación entre superficies

UD 5. Conducción, convección y radiación combinadas

Tema 11. Intercambiadores de calor

5.3. Programa de prácticas(nombre y descripción de cada práctica)

Sesiones en el laboratorio:

Se desarrollarán sesiones de prácticas de laboratorio para que los alumnos estudien algunos de los conceptos introducidos en las sesiones teóricas.

Las prácticas de laboratorio a desarrollar serán:

Práctica 1. Conductividad térmica de metales y determinación del flujo de calor

Práctica 2. Calor por Radiación y emisividad

Sesiones en el Aula de Informática:

Se realizarán dos sesiones con el objeto de que los alumnos resuelvan problemas de transferencia de calor mediante programas informáticos a la vez que desarrollan sus habilidades computacionales.

Las prácticas de Aula de Informática serán:

Práctica 3. Conducción de calor unidimensional no estacionaria con MATLAB

Práctica 4. Conducción Bidimensional con MATLAB

Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un “Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos” que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

UD 1. Introduction

Lesson 1. Basic concepts of heat transfer

UD 2. Heat conduction

Lesson 2. Fundamentals of heat conduction

Lesson 3. Extended surfaces. Fins

Lesson 4. 1D and 2D steady-state heat conduction

Lesson 5. Transient heat conduction

UD 3. Convection

Lesson 6. Fundamentals of convection

Lesson 7. Forced convection. Internal and external flows.

Lesson 8. Natural convection

UD 4. Radiation

Lesson 9. Fundamentals of radiation

UD 5. Combined conduction, convection and radiation

Lesson 10. Heat exchangers

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en cinco unidades didácticas:

- **UD 1. Introducción a la transmisión de calor.** Los objetivos de aprendizaje de esta unidad didáctica son:
 - Definir las variables típicas de la transmisión de calor (calor, temperatura, flujo)
 - Introducir las variables termofísicas que influyen en la transferencia de calor
 - Presentar los tres mecanismos básicos de transmisión: conducción, convección y radiación.

- **UD 2. Transmisión de calor por conducción.** Los objetivos de aprendizaje de esta unidad didáctica son:
 - Presentar la ecuación de conducción de calor general, y discutir las hipótesis que permiten simplificarla para el estudio de fenómenos de conducción 1D a.
 - Enunciar la ley de Fourier y calcular flujos de calor a través de paredes planas y cilíndricas, simples y compuestas.
 - Aplicar la ecuación de conducción de calor al estudio de superficies extendidas. Elaborar una expresión para el cálculo de tubos aleteados.
 - Dimensionar superficies de intercambio térmico con aletas exteriores circulares y rectas.

- **UD 3. Transmisión de calor por convección.** Los objetivos de aprendizaje de esta unidad didáctica son:
 - Enunciar la ley de enfriamiento de Newton, y discutir la naturaleza del coeficiente de convección.
 - Aplicar la ley de enfriamiento de Newton al cálculo y al dimensionamiento de superficies de transferencia de calor.
 - Calcular flujos de calor a través de superficies expuestas a convección libre o forzada, en flujo interno o externo.

- **UD 4. Transmisión de calor por radiación.** Los objetivos de aprendizaje de esta unidad didáctica son:
 - Enunciar la ley de Stefan-Boltzmann y discutir sobre los fenómenos de transmisión de calor por radiación.
 - Calcular el calor intercambiado entre superficies por radiación, y mediante mecanismos combinados de convección-radiación.

- **UD 5. Intercambiadores de calor.** Los objetivos de aprendizaje de esta unidad didáctica son:
 - Presentar las características constructivas clásicas de intercambiadores de calor.
 - Definir la eficiencia de un intercambiador de calor, y las curvas de evolución de temperatura en intercambiadores tubulares.
 - Analizar y dimensionar intercambiadores de carcasa y tubo por los métodos LTMD y ε -NTU.

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente

Actividad	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clases de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de notas y apuntes. Planteamiento de dudas.	23
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	30
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará tanto en el método de resolución como en el resultado y el sentido físico de éste. Se plantearán problemas y/o casos prácticos similares para que los resuelvan en casa.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	14
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	24
Prácticas de laboratorio	Las sesiones prácticas de laboratorio son fundamentales para acercar el entorno de trabajo industrial al docente y permiten enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa.	<u>Presencial</u> : Toma de datos en el laboratorio	4
		<u>No presencial</u> : Análisis de resultados y redacción de un informe	6
Prácticas de informática	Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de cálculo y simulación profesionales.	<u>Presencial</u> : Uso de herramientas computacionales para cálculos energéticos	4
		<u>No presencial</u> : Finalización de la práctica en grupo y redacción de un informe	6
Seminarios de problemas, exposición de trabajos y otras actividades de aprendizaje cooperativo	Se realizarán varios seminarios de problemas a lo largo del curso. Los alumnos trabajan en grupo para resolver un conjunto de problemas. Se aprovecha el seminario para resolver dudas y aclarar conceptos.	<u>Presencial</u> : Resolución de los problemas. Explicación del método de resolución a los compañeros. Discusión de dudas y puesta en común del trabajo realizado.	10
		<u>No presencial</u> : Preparación y resolución de problemas propuestos por el profesor	4
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en tutorías. Retroalimentación y seguimiento del aprendizaje	6
Realización de exámenes oficiales	Se realizará una prueba escrita de tipo individual. Esta prueba permite comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	<u>Presencial</u> : Realización de la prueba	4
			135

6.2.Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)**Resultados del aprendizaje (4.5)**

Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7
Clases teóricas	X	X	X	X	X	X	
Clases de problemas	X		X	X	X	X	
Prácticas de laboratorio			X	X	X	X	X
Prácticas de informática		X	X				X
Seminarios de problemas, exposición de trabajos	X	X	X	X	X	X	X

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa	Formativa			
Examen final ⁽¹⁾	X		Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Cuestiones teóricas acompañadas de una aplicación. 50% de la nota del examen	70%	1,2,3,4,5,6,7
			Problemas: Entre 1 y 3 problemas de media o larga extensión. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis. 50% de la nota del examen		
Informes de prácticas de laboratorio ^(2,3)	X	X	Se evalúa el análisis e interpretación de los datos medidos en laboratorio y la corrección del informe técnico.	10%	3,4,5,6,7
Informes de prácticas de informática ^(2,3)	X	X	Se evalúan los cálculos realizados y la corrección del informe técnico.	10%	2,3,7
Seminarios de problemas y exposición de trabajos ^(2,3)		X	Se entrega la solución de los ejercicios propuestos para su autoevaluación.	10%	1,2,3,4,5,6,7
<p>1. Para promediar cada parte del examen escrito se deberá alcanzar una nota mínima de 1.5 puntos sobre 5, (1.5 puntos en cuestiones y 1.5 puntos en problemas), una vez promediada cada parte del examen escrito, y solo en ese caso, se sumará la calificación obtenida en las actividades de los seminarios y prácticas.</p> <p>2. Deberán cumplir con las rúbricas/criterios de calidad previamente establecidos.</p> <p>3. Los alumnos que falten a dos o más sesiones de prácticas se examinarán de esa parte mediante un examen de prácticas a realizar el mismo día que el examen de la asignatura. Los alumnos que falten a dos o más sesiones de seminarios podrán recuperar esta parte mediante problemas propuestos por el profesor relacionados con los seminarios a los que ha faltado y que serán entregados en un plazo convenido, transcurrido el cual, la nota obtenida será sumada a la obtenida en las sesiones de seminarios a los que haya asistido. Es condición necesaria superar el examen de prácticas y resolver de forma correcta los problemas propuestos para aprobar la asignatura. La nota obtenida de esta forma será considerada para la calificación final en las condiciones descritas en el punto 1.</p>					

Nota: Tal como prevé el artículo 5.4 del Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Cuestiones planteadas en clases de teoría y problemas
- Asistencia a tutorías
- Supervisión de los informes de prácticas
- Entrega y exposición de los problemas propuestos

8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica

- Y. A. Çengel, Transferencia de Calor y de Masa. McGraw – Hill. México, 2007
- Incropera F., De Witt D.P., Fundamentos de Transferencia de Calor. 4ª Ed., Ed. Prentice Hall, México, 1999
- Corberán J.M., Royo, R., Problemas escogidos de Transmisión de Calor. UPV. Servicio de publicaciones, 1999

8.2. Bibliografía complementaria

- J. Chapman, Transmisión del calor. Bellisco. Madrid, 1990
- N. Madrid García, Problemas de Transmisión del calor. Horacio Escarabajal. Cartagena, 2004
- Pinazo J.M., Problemas de Transmisión de Calor, UPV. Servicio de publicaciones, Valencia, 1998

8.3. Recursos en red y otros recursos

Programa informático “Engineering Equation Solver” (EES)

<http://web.mit.edu/lienhard/www/ahtt.html>

<http://www.engr.uky.edu/rtl/Catalog/>

<http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node105.html>