



## Teaching Guide

Identifying Data					2016/17
Subject (*)	CALOR E FRIO INDUSTRIAL/REFRIG			Code	730G04020
Study programme	Grao en enxeñaría en Tecnoloxías Industriais				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Graduate	2nd four-month period	Third	Obligatoria	6	
Language	Spanish				
Teaching method	Face-to-face				
Prerequisites					
Department	Construcións NavaisEnxeñaría Naval e Oceánica				
Coordinador	Arce Ceinos, Alberto	E-mail	alberto.arce@udc.es		
Lecturers	Arce Ceinos, Alberto	E-mail	alberto.arce@udc.es		
Web					
General description	<p>Aportar al alumno los fundamentos de la transmisión de calor e introducirle en el equipo básico implicado en esta operación.</p> <p>Asentar y completar los conocimientos del alumno sobre conducción y convección de calor, incorporar el estudio de la radiación como mecanismo de transporte.</p> <p>Estudiar los fundamentos de la transmisión de calor en flujo externo e interno de fluidos para su posterior aplicación a operaciones basadas en la mecánica de fluidos.</p> <p>Dar una visión global de los equipos de intercambio de calor de uso industrial, y capacitar al alumno para realizar el diseño de algunos equipos sencillos.</p>				

## Study programme competences

Code	Study programme competences
A7	Coñecementos de termodinámica aplicada e transmisión de calor. Principios básicos e a súa aplicación á resolución de problemas de enxeñaría.
A19	Coñecementos aplicados de enxeñaría térmica.
B2	Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo
B3	Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitiren xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética
B4	Que os estudantes poidan transmitir información, ideas, problemas e solucións a un público tanto especializado como leigo
B5	Que os estudantes desenvolvan aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprenderen estudos posteriores cun alto grao de autonomía
B6	Ser capaz de concibir, deseñar ou poñer en práctica e adoptar un proceso substancial de investigación con rigor científico para resolver calquera problema formulado, así como de comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan? a un público tanto especializados como leigo dun xeito claro e sen ambigüidades
B7	Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas novas e complexas
B8	Deseñar e realizar investigacións en ámbitos novos ou pouco coñecidos, con aplicación de técnicas de investigación (con metodoloxías tanto cuantitativas como cualitativas) en distintos contextos (ámbito público ou privado, con equipos homoxéneos ou multidisciplinares etc.) para identificar problemas e necesidades
B9	Adquirir unha formación metodolóxica que garanta o desenvolvemento de proxectos de investigación (de carácter cuantitativo e/ou cualitativo) cunha finalidade estratéxica e que contribúan a situarnos na vangarda do coñecemento
C1	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.
C2	Desenvolverse para o exercicio dunha cidadanía aberta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar a realidade, diagnosticar problemas, formular e implantar solucións baseadas no coñecemento e orientadas ao ben común.
C3	Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.
C4	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.



C5	Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.
C6	Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade.

Learning outcomes			
Learning outcomes	Study programme competences		
Aportar al alumno los fundamentos de la transmisión de calor e introducirle en el equipo básico implicado en esta operación. Asentar y completar los conocimientos del alumno sobre conducción y convección de calor, incorporar el estudio de la radiación como mecanismo de transporte. Estudiar los fundamentos de la transmisión de calor en flujo externo e interno de fluidos para su posterior aplicación a operaciones basadas en la mecánica de fluidos. Dar una visión global de los equipos de intercambio de calor de uso industrial, y capacitar al alumno para realizar el diseño de algunos equipos sencillos.	A7 A19	B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9	C1 C2 C3 C4 C5 C6
Utilización de las fuentes de conocimientos de transmisión de calor y su importancia en procesos industriales más usuales, y desarrollo de una capacidad de trabajo autónomo a partir de las mismas. Utilización de la informática, programas de texto y hojas de cálculo (Microsoft Excel y EES). Utilización del principal idioma en la utilización de fuentes, el inglés. Desarrollo de la capacidad de abstracción y modelización, con la utilización de equipos de transmisión de calor en la representación y apreciación de la realidad de los procesos industriales que envuelvan transmisión de calor. Fomentar el trabajo individual y en grupo de los alumnos.	A7 A19	B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9	C1 C2 C3 C4 C5 C6

Contents	
Topic	Sub-topic
1. Introduction to heat transfer	1.1. History 1.2. Applications 1.3. Fundamentals 1.4. Mechanisms 1.4.1. Heat conduction 1.4.2. Heat convection 1.4.3. Thermal radiation 1.5. Heat balance on a solid surface
2. One-dimensional, steady-state heat conduction	2.1. Heat conduction general equation 2.2. Plane wall 2.3. Contact thermal resistance 2.4. Conduction with thermal generation 2.5. Radial system: The cylinder 2.6. Radial system: the sphere 2.7. Fins 2.7.1. General equation one dimensional fin 2.7.2. Fins of uniform cross-section area 2.7.3. Heat transfer in across the fin 2.7.4. Fin efficiency 2.7.5. Corrected length 2.7.6. Global efficiency of a finned surface



3. Transient heat conduction	3.1. Simplified method 3.2. Semi-infinite solid 3.2.1 Contact between two semi-infinite solids 3.3. One-dimensional transient heat conduction
4. External flow	4.1 Boundary layer 4.1.1 Integral equations-flat plate 4.2 Integral method laminar boundary layer-flat plate 4.2.1 Hydrodynamic boundary layer 4.2.2 Thermal boundary layer 4.2.3 Colburn analogy 4.2.4 Correlations summary 4.3 Turbulent boundary layer-flat plate 4.3.1 Hydrodynamic boundary layer 4.3.2 Thermal boundary layer 4.4 Cross flow around cylinders 4.5 Summary for external-flow correlations
5 Internal flow	5.1 Hydrodynamic entry region 5.2 Thermal entry region 5.3 Fully developed laminar flow 5.3.1 Velocity and friction coefficient 5.3.2 Heat transfer 5.4 Fully developed turbulent flow
6 Free convection	6.1 Introduction 6.2 Free convection on a vertical wall 6.3 Integral analysis of the boundary layer 6.4 Turbulent boundary layer 6.5 Correlations for other geometries 6.5.1 Inclined and horizontal plates 6.5.2 Horizontal cylinder 6.5.3 Vertical cylinder 6.5.5 Other geometries 6.5.6 Finned surfaces
7 Boiling and condensation	7.1. Introduction 7.2 Boiling 7.2.1 The Bowling curve 7.3 Condensation 7.3.1 Film condensation 7.3.2 Dropwise condensation
8 Heat exchangers	8.1 Introduction 8.2 Heat exchangers types 8.3 Global heat transfer coefficient 8.4 Log mean temperature difference 8.5 Number of transfer units, NTU



9 Thermal radiation	<p>9.1 Introduction</p> <p>9.2 Fundamental concepts</p> <p>9.3 The black body</p> <p>9.4 Real surfaces</p> <p>9.5 Kirchoff?s law</p> <p>9.6 Radiation exchange between surfaces</p> <p>9.7 Shape factors</p> <p>9.8 Radiation exchange between two surfaces</p> <p>9.9 Enclosure of black surfaces</p> <p>9.10 Enclosure of ?N? diffuse, gray, opaque and isothermal surfaces</p> <p>9.11 Radiation shield</p> <p>9.12 Transferencia simultánea de calor por convección y radiación</p> <p>9.13 Radiation Exchange with participating media</p>
Práctica 1. Medición de la temperatura	<p>Familiarización con distintos dispositivos de medida de temperatura: Termómetro de bulbo, bourdon, expansión metálica, termopar, termistor y PT100</p> <p>Medición de la temperatura de la mezcla agua-hielo y agua en ebullición</p>
Práctica 2. Estudio de la conducción de calor	<p>Comprobación de la Ley de Fourier de conducción aplicada a una pared plana con un gradiente lineal de temperatura</p>
Práctica 3. Determinación de la conductividad de un sólido	<p>Determinación de la conductividad térmica de distintos materiales a partir de la Ley de Fourier de conducción estacionaria aplicada a una pared plana.</p>
Práctica 4. Convección en flujo exterior en un cilindro	<p>Estudio del desprendimiento de la capa límite de un fluido en circulación sobre la superficie de un cilindro observando la temperatura sobre la superficie cilíndrica</p>
Práctica 5. Estudio de un intercambiador de carcasa y tubos	<p>Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica</p> <p>Comparación con intercambiador de placas</p>
Práctica 6. Estudio de un intercambiador de placas	<p>Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica</p> <p>Comparación con intercambiador de carcasa y tubos</p>

Planning				
Methodologies / tests	Competencies	Ordinary class hours	Student?s personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	15	30	45
Problem solving	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5	30	60	90
Laboratory practice	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	6	6	12
ICT practicals	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	1	1	2
Personalized attention		1	0	1
(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.				

Methodologies	
Methodologies	Description



Guest lecture / keynote speech	Slide Presentations
Problem solving	Solving problems on board
Laboratory practice	Lab classes
ICT practicals	Solving problems with EES

### Personalized attention

Methodologies	Description
Laboratory practice Problem solving ICT practicals Guest lecture / keynote speech	Tutorías y consulta en correo electrónico

### Assessment

Methodologies	Competencies	Description	Qualification
Laboratory practice	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Report review	18
Problem solving	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5	Exam	60
ICT practicals	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Report review	2
Guest lecture / keynote speech	A7 A19 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Exam	20
Others			

### Assessment comments



## Mandatory Lab Classes:

Attendance of Lab and TIC classes is mandatory. Only one justified absence will be tolerated. Laboratory practices are a necessary requirement for passing the subject.

## Exam:

Theory w/o feedback (45 min) + Exercises with feedback and source material (textbook and solved problems) (180 min)

## Lab class Reports:

Deadline: one week

## Structure:

Objectives

Equipment and Material

Experimental Procedure

Results and Discussion

Conclusions

References

Deadline for TIC class reports: one week.

## Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mills, A.F. (1996). Transferencia de Calor, 1ª Ed. Irwin</li> <li>- Incropera, F. P. e DeWitt, D. P., (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor y Materia 5ª Ed. Pearson Educación</li> <li>- Sáiz Jabardo, J.M., Arce Ceinos, A., Lamas Galdo, M.I. (2012). Transferencia de Calor. Universidade da Coruña Apuntes da asignatura</li> </ul>
<b>Complementary</b>	

## Recommendations

### Subjects that it is recommended to have taken before

TERMODINÁMICA/730G03014

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

MECÁNICA DE FLUÍDOS/730G03018

### Subjects that continue the syllabus

Traballo Fin de Grao/730G03068

### Other comments

(\*The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.