

Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona

Máster oficial de Ingeniería en Energía

Ficha de descripción de asignatura

Asignatura Intercambiadores de Calor	Código: 33561	
	Versión: Julio 2009	
Tipo: Oblig	Créditos totales ECTS: 5	Hora/semana totales: 8,5
Idioma: Catalán – Castellano – Inglés	Créditos presenciales Teoría:	Hora/semana presenciales Teoría: 2,5
Horas/crédito: 25	Créditos presenciales Problemas:	Hora/semana presenciales Problemas: 1
Cuatrimestre: 1r	Créditos presenciales Laboratorio:	Hora/semana presenciales Laboratorio: 1
Nivel: Máster	Créditos no presenciales:	Hora/semana no presenciales: 4,0
Coordinador: C.D.Pérez-Segarra		
Profesores: C.D.Pérez-Segarra, C.Oliet, J.Rigola		
Horario y lugar de tutorías: Horario de tutoría: Las tutorías se realizarán preferentemente en el Dpto Máquinas y Motores Térmicos, ETSEIAT		
Prerrequisitos: Conocimientos equivalentes a haber superado el curso de nivelación del máster.		
Correquisitos:		
Objetivos generales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Consolidación de aspectos básicos de fenómenos de transferencia de calor y masa (formulación matemática, técnicas de resolución analíticas y numéricas, ...), en el marco de una aplicación tecnológica de gran importancia industrial y social como son los intercambiadores de calor. - Consolidación de los métodos convencionales de cálculo de intercambiadores de calor (métodos del factor F, ε-NTU, P-NTU, etc). Descripción de las principales características técnicas y particularidades de cálculo de diferentes intercambiadores de calor: doble tubo, carcasa y tubos, evaporadores, condensadores, intercambiadores de placas, intercambiadores compactos, generadores de calor per combustión, etc. - Aplicación de métodos avanzados de simulación numérica de intercambiadores con análisis unidimensional de los fluidos, en casos de régimen permanente o transitorio y flujos sin cambio de fase o con cambio de fase (condensadores, evaporadores). - Introducción a los métodos de cálculo más avanzados de intercambiadores de calor donde el análisis de los fluidos es multidimensional. Se exponen tanto métodos con macro volúmenes de control (métodos del tipo porosidad) como métodos más avanzados basados en la resolución multidimensional detallada de las ecuaciones de Navier-Stokes. 		
Objetivos específicos de cada tema:		
Objetivos transversales:		
Programa de Teoría:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción: definición de intercambiador, ejemplos de aplicación en sistemas y equipos térmicos; clasificación de los intercambiadores de calor; consideraciones y criterios generales de diseño. 2. Bases teóricas para el diseño térmico e hidráulico. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Ecuaciones características; planteamiento de la problemática de resolución (flujos turbulentos, cambio de fase, combustión, etc.); diferentes niveles de simulación. 2.2. Modelos analíticos. Formulación matemática y resolución analítica de configuraciones de flujo concretas. Generalización de la metodología: método del factor F, método ε-NTU, método P-NTU, etc. 2.3. Modelos numéricos con tratamiento unidimensional del flujo de fluido. Formulación matemática y discretización de 		

las ecuaciones por métodos de volúmenes finitos en casos permanentes y transitorios. Análisis de flujos sin cambio de fase y con cambio de fase. Algoritmos de resolución para el acoplamiento de las distintas zonas del intercambiador. Consideración de diversas configuraciones de flujo.

- 2.4. Introducción a los modelos numéricos con tratamiento multidimensional del flujo de fluido. Ecuaciones de Navier-Stokes. Análisis de flujos turbulentos. Técnicas de discretización de ecuaciones genéricas de tipo convección-difusión. Algoritmos globales de resolución tipo SIMPLE. Métodos multidimensionales simplificados basados en discretizaciones sobre macro-volúmenes de control (*porosity methods*)
3. Descripción general, caracterización geométrica, información empírico-experimental específica (coeficientes superficiales. Introducción: definición de intercambiador, ejemplos de aplicación en sistemas y equipos térmicos; clasificación de los intercambiadores de calor; consideraciones y criterios generales de diseño.
4. Bases teóricas para el diseño térmico e hidráulico.
 - 2.5. Ecuaciones características; planteamiento de la problemática de resolución (flujos turbulentos, cambio de fase, combustión, etc.); diferentes niveles de simulación.
 - 2.6. Modelos analíticos. Formulación matemática y resolución analítica de configuraciones de flujo concretas. Generalización de la metodología: método del factor F, método ε -NTU, método P-NTU, etc.
 - 2.7. Modelos numéricos con tratamiento unidimensional del flujo de fluido. Formulación matemática y discretización de las ecuaciones por métodos de volúmenes finitos en casos permanentes y transitorios. Análisis de flujos sin cambio de fase y con cambio de fase. Algoritmos de resolución para el acoplamiento de las distintas zonas del intercambiador. Consideración de diversas configuraciones de flujo.
 - 2.8. Introducción a los modelos numéricos con tratamiento multidimensional del flujo de fluido. Ecuaciones de Navier-Stokes. Análisis de flujos turbulentos. Técnicas de discretización de ecuaciones genéricas de tipo convección-difusión. Algoritmos globales de resolución tipo SIMPLE. Métodos multidimensionales simplificados basados en discretizaciones sobre macro-volúmenes de control (*porosity methods*)
5. Descripción general, caracterización geométrica, información empírico-experimental específica (coeficientes superficiales de transferencia de calor, fricción, fracciones volumétricas de vapor, etc.). Metodologías de diseño de configuraciones concretas:
 - 3.1. Intercambiadores de doble tubo. Flujos sin cambio de fase y con cambio de fase.
 - 3.2. Intercambiadores de carcasa y tubos. Flujos sin cambio de fase.
 - 3.3. Condensadores de carcasa y tubos.
 - 3.4. Evaporadores y hervidores
 - 3.5. Intercambiadores de placas
 - 3.6. Intercambiadores compactos y regeneradores
6. Generadores de calor por combustión de transferencia de calor, fricción, fracciones volumétricas de vapor, etc.). Metodologías de diseño de configuraciones concretas:
 - 3.7. Intercambiadores de doble tubo. Flujos sin cambio de fase y con cambio de fase.
 - 3.8. Intercambiadores de carcasa y tubos. Flujos sin cambio de fase.
 - 3.9. Condensadores de carcasa y tubos.
 - 3.10. Evaporadores y hervidores
 - 3.11. Intercambiadores de placas
 - 3.12. Intercambiadores compactos y regeneradores
7. Generadores de calor por combustión

Prácticas de Laboratorio:

Actividades No Presenciales:

Carga semanal del estudiante en horas:

Tipo de actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Teoría																
Prácticas																
Problemas																
Actividad No presencial																
Trabajo individual																
Trabajo en grupo																
Pruebas i exámenes																
Otras actividades																
TOTAL																

Metodología docente:

La exposición de la asignatura parte de una descripción general de los equipos y de un recordatorio de la formulación general de las ecuaciones gobernantes con consideración de aspectos fundamentales en intercambiadores de calor como es el caso de la turbulencia, flujos con cambio de fase, combustión, etc. Ello da pie al desarrollo de distintos niveles de análisis, que va desde los tratamientos más sencillos (método factor F, e-NTU, etc.) hasta los más sofisticados (resolución multidimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes).

Una vez se ha presentado al alumnado los aspectos básicos del tratamiento matemático de los intercambiadores de calor (esencialmente en geometrías relativamente sencillas como las de los intercambiadores de doble tubo o los de placas), se pasa a presentar aquellos detalles más significativos de distintos intercambiadores de uso industrial. Quizás el ejemplo más emblemático es el de los intercambiadores de carcasa y tubos cuya caracterización geométrica requiere de comentarios especiales así como la información experimental existente para evaluar coeficientes de transferencia de calor o fricción considerando sus particularidades (corrientes de fugas y bypass, etc).

Es importante que en algún momento del curso el alumno decida, conjuntamente con el profesor, la realización de un estudio/proyecto sobre alguno de los tipos de intercambiadores en el que pueda aplicar las metodologías básicas explicadas en clase.

La realización de prácticas de laboratorio (tanto numéricas como experimentales) permitirá al alumno adquirir una perspectiva más amplia del tema y poder contrastar el mismo las posibilidades de los distintos niveles de simulación (validación de las formulaciones matemáticas). Las prácticas experimentales buscan también enseñar las técnicas de medida normalmente utilizadas (termopares, transductores de presión, caudalímetros, medidores de humedad, etc.) y la evaluación de los errores cometidos en la experimentación.

Bibliografía Básica:

En el curso se facilita una bibliografía general y una bibliografía específica de cada uno de los temas presentados, tanto de libros como de revistas tecnocientíficas del campo (Int. J. of Heat and Mass Transfer, Journal of Heat Transfer, Heat Transfer Engineering, Numerical Heat Transfer, Int. J. of Refrigeration, ...). A continuación se relaciona únicamente la bibliografía más general de la asignatura:

1. G.F.Hewitt (editor), Heat Exchanger Design Handbook. Vol. I: Heat Exchanger Theory; Vol. II: Fluid Mechanics and Heat Transfer; Vol. III: Part 3: Thermal and Hydraulic Design of Heat Exchangers; Part 4: Mechanical Design of Heat Exchangers; Vol. IV: Physical Properties, Begell House Inc., 2002.
2. S.Kakaç, H.Liu, Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design”, CRC Pr Llc, Boca Raton, 2002.
3. R.K.Shah, D.P.Sekulic, Fundamentals of Heat Exchanger Design, Wiley, 2002.
4. W.M.Kays, A.London, Compact Heat Exchangers, McGraw-Hill Company, New York, 1997 (3rd edition).
5. R.L.Webb, Principles of Enhanced Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.

Bibliografía Complementaria:

Criterio de evaluación:

Controles parciales:	20%	Ejercicios/problemas:	%	Último control:	50%
No presencial:	25%	Prácticas: 5	%	Otras pruebas:	%

Métodos de evaluación:

- Realización de exámenes. Se prevé dos exámenes: uno parcial i uno final. El examen parcial se realiza al acabar la parte más fundamental de la asignatura. Se centra en aspectos básicos de formulación matemática de intercambiadores de calor y de las técnicas de resolución analítica y numérica con análisis unidimensional de los fluidos. En el examen final interviene toda la materia si bien es posible eliminar alguna parte en función de la nota del examen parcial.

- Presentación y defensa de ejercicios de cálculo y diseño de intercambiadores de calor utilizando metodologías convencionales de cálculo y métodos avanzados.

- Realización de prácticas numéricas experimentales con códigos e infraestructuras experimentales existentes en el CTTC.