

# Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona

## Màster oficial d'Enginyeria en Energia

### Fitxa de descripció d'assignatura

<b>Assignatura</b>		<b>Codi:</b> 33561	
Bescanviadors de Calor		<b>Versió:</b>	
<b>Tipus:</b>	Oblig..	<b>Crèdits totals ECTS:</b>	5
<b>Idioma:</b>	Cast-Cat- Anglès	<b>Crèdits presencials Teoria:</b>	5
<b>Hores/setmana:</b>	25	<b>Crèdits presencials Problemes:</b>	1
<b>Quadrimestre:</b>	1	<b>Crèdits presencials Laboratori:</b>	1
<b>Nivell:</b>	Màster	<b>Crèdits no presencials:</b>	4,0
<b>Coordinator:</b>	C.D.Pérez-Segarra		
<b>Professors:</b>	C.D.Pérez-Segarra, C.Oliet, J.Rigola		
<b>Horari i lloc de tutories:</b>	Horari de tutoria: Les tutories es faran preferentment al Dept. Màquines i Motors Tèrmics, ETSEIAT.		
<b>Pre-requisits:</b>	Coneixements equivalents a haver superat el curs d'anivellament del màster		
<b>Co-requisits:</b>			
<b>Objectius generals:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Consolidació d'aspectes bàsics de fenòmens de transferència de calor i massa (formulació matemàtica, tècniques de resolució analítiques i numèriques, ...), en el marc d'una aplicació tecnològica de gran importància industrial i social com són els intercanviadors de calor.</li> <li>- Consolidació dels mètodes convencionals de càlcul d'intercanviadors de calor (mètodes del factor F, <math>\epsilon</math>-NTU, P-NTU, etc). Descripció de les principals característiques tècniques i particularitats de càlcul de diferents intercanviadors de calor: doble tub, carcassa i tubs, evaporadors, condensadors, bescanviadors de plaques, bescanviadors compactes, generadors de calor per combustió, etc.</li> <li>- Aplicació de mètodes avançats de simulació numèrica d'intercanviadors amb anàlisi unidimensional dels fluids, en casos de règim permanent o transitori i fluxos sense canvi de fase o amb canvi de fase (condensadors, evaporadors).</li> <li>- Introducció als mètodes de càlcul més avançats d'intercanviadors de calor on l'anàlisi dels fluids és multidimensional. S'exposen tant mètodes amb macro volums de control (mètodes del tipus porositat) com a mètodes més avançats basats en la resolució multidimensional detallada de les equacions de Navier-Stokes.</li> </ul>		
<b>Objectius específics de cada tema:</b>			
<b>Objectius transversals:</b>			
<b>Programa de Teoria:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducció: definició d'intercanviador, exemples d'aplicació en sistemes i equips tèrmics; classificació dels intercanviadors de calor; consideracions i criteris generals de disseny.</li> <li>2. Bases teòriques per al disseny tèrmic i hidràulic. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Equacions característiques; plantejament de la problemàtica de resolució (fluxos turbulents, canvi de fase, combustió, etc.); diferents nivells de simulació.</li> <li>2.2. Models analítics. Formulació matemàtica i resolució analítica de configuracions de flux concretes. Generalització de la metodologia: mètode del factor F, mètode <math>\epsilon</math>-NTU, mètode P-NTU, etc.</li> <li>2.3. Models numèrics amb tractament unidimensional del flux de fluid. Formulació matemàtica i discretització de les equacions per mètodes de volums finits en casos permanents i transitoris. Anàlisi de fluxos sense canvi de fase i amb canvi de fase. Algorismes de resolució per a l'acoblament de les diferents zones de l'intercanviador. Consideració de diverses configuracions de flux.</li> <li>2.4. Introducció als models numèrics amb tractament multidimensional del flux de fluid. Equacions de Navier-Stokes. Anàlisi de fluxos turbulents. Tècniques de discretització d'equacions genèriques de tipus convecció-difusió. Algorismes globals de resolució tipus SIMPLE. Mètodes multidimensionals simplificats basats en discretitzacions sobre macro-volums de control (porosity methods)</li> </ol> </li> <li>3. Descripció general, caracterització geomètrica, informació empíric-experimental específica (coeficients superficials Introducció: definició d'intercanviador, exemples d'aplicació en sistemes i equips tèrmics; classificació dels intercanviadors de calor; consideracions i criteris generals de disseny.</li> </ol>		

4. Bases teòriques per al disseny tèrmic i hidràulic.

4.1. Equacions característiques; plantejament de la problemàtica de resolució (fluxos turbulents, canvi de fase, combustió, etc.); diferents nivells de simulació.

4.2. Models analítics. Formulació matemàtica i resolució analítica de configuracions de flux concretes. Generalització de la metodologia: mètode del factor F, mètode  $\varepsilon$ -NTU, mètode P-NTU, etc.

4.3. Models numèrics amb tractament unidimensional del flux de fluid. Formulació matemàtica i discretització de les equacions per mètodes de volums finits en casos permanents i transitoris. Anàlisi de fluxos sense canvi de fase i amb canvi de fase. Algorismes de resolució per a l'acoblament de les diferents zones de l'intercanviador. Consideració de diverses configuracions de flux.

4.4. Introducció als models numèrics amb tractament multidimensional del flux de fluid. Equacions de Navier-Stokes. Anàlisi de fluxos turbulents. Tècniques de discretització d'equacions genèriques de tipus convecció-difusió. Algorismes globals de resolució tipus SIMPLE. Mètodes multidimensionals simplificats basats en discretitzacions sobre macro-volums de control (porosity methods)

5. Descripció general, caracterització geomètrica, informació empíric-experimental específica (coeficients superficials de transferència de calor, fricció, fraccions volumètriques de vapor, etc.). Metodologies de disseny de configuracions concretes:

5.1. Intercanviadors de doble tub. Fluxos sense canvi de fase i amb canvi de fase.

5.2. Intercanviadors de carcassa i tubs. Fluxos sense canvi de fase.

5.3. Condensadors de carcassa i tubs.

5.4. Evaporadors i bullidors

5.5. Intercanviadors de plaques

5.6. Intercanviadors compactes i regeneradors

6. Generadors de calor per combustió de transferència de calor, fricció, fraccions volumètriques de vapor, etc.). Metodologies de disseny de configuracions concretes:

6.1. Intercanviadors de doble tub. Fluxos sense canvi de fase i amb canvi de fase.

6.2. Intercanviadors de carcassa i tubs. Fluxos sense canvi de fase.

6.3. Condensadors de carcassa i tubs.

6.4. Evaporadors i bullidors

6.5. Intercanviadors de plaques

6.6. Intercanviadors compactes i regeneradors

7. Generadors de calor per combustió

#### Pràctiques de Laboratori:

#### Activitats No Presencials:

#### Càrrega setmanal de l'estudiant en hores:

Tipus d'activitat / Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Teoria																
Pràctiques																
Problemes																
Activitat No presencial																
Treball individual																
Treball en grup																
Proves i exàmens																
Altres activitats																
<b>TOTAL</b>																

#### Metodologia docent:

L'exposició de l'assignatura parteix d'una descripció general dels equips i d'un recordatori de la formulació general de les equacions governants amb consideració d'aspectes fonamentals en intercanviadors de calor com és el cas de la turbulència, fluxos amb canvi de fase, combustió, etc. Això dona peu al desenvolupament de diferents nivells d'anàlisi, que va des dels tractaments més senzills (mètode factor F,  $\varepsilon$ -NTU, etc.) fins als més sofisticats (resolució multidimensional de les equacions de Navier-Stokes).

Un cop s'ha presentat a l'alumnat els aspectes bàsics del tractament matemàtic dels intercanviadors de calor (essencialment en geometries relativament senzilles com les dels intercanviadors de doble tub o els de plaques), es passa a presentar aquells detalls més significatius de diferents intercanviadors de ús industrial. Potser l'exemple més emblemàtic és el dels intercanviadors de carcassa i tubs la caracterització geomètrica requereix de comentaris especials així com la informació experimental existent per avaluar coeficients de transferència de calor o fricció considerant les seves particularitats (corrents de fuites i bypass, etc.).

És important que en algun moment del curs l'alumne decideixi, conjuntament amb el professor, la realització d'un estudi / projecte sobre algun dels tipus d'intercanviadors en què pugui aplicar les metodologies bàsiques explicades a classe.

La realització de pràctiques de laboratori (tant numèriques com experimentals) permetrà a l'alumne adquirir una perspectiva més àmplia del tema i poder contrastar el mateix les possibilitats dels diferents nivells de simulació (validació de les formulacions

matemàtiques). Les pràctiques experimentals busquen també ensenyar les tècniques de mesura normalment utilitzades (termoparells, transductors de pressió, cabalímetres, mesuradors d'humitat, etc.) i l'avaluació dels errors comesos en l'experimentació..

#### **Bibliografia Bàsica:**

En el curs es facilita una bibliografia general i una bibliografia específica de cada un dels temes presentats, tant de llibres com de revistes tecnocientífiques del camp (Int. J. of Heat and Mass Transfer, Journal of Heat Transfer, Heat Transfer Engineering, Numerical Heat Transfer, Int. J. of Refrigeration, ...). A continuació es relaciona únicament la bibliografia més general de l'assignatura:

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.

#### **Bibliografia Complementària:**

#### **Crítteri d'avaluació:**

Controls parcials:	%	Exercicis/problemes:	%	Control final:	%
No presencial:	%	Pràctiques:	%	Altres proves:	%

#### **Mètodes d'avaluació:**

- Realització d'exàmens. Es preveu dos exàmens: un de parcial i un final. L'examen parcial es realitza en acabar la part més fonamental de l'assignatura. Se centra en aspectes bàsics de formulació matemàtica d'intercanviadors de calor i de les tècniques de resolució analítica i numèrica amb anàlisi unidimensional dels fluids. En l'examen final intervé tota la matèria si bé és possible eliminar alguna part en funció de la nota de l'examen parcial.
- Presentació i defensa d'exercicis de càlcul i disseny d'intercanviadors de calor utilitzant metodologies convencionals de càlcul i mètodes avançats.
- Realització de pràctiques numèriques experimentals amb codis i infraestructures experimentals existents al CTTC.