



Universitat de Lleida

GUIA DOCENT
**ANÀLISI D'EQUIPS TÈRMICS
INDUSTRIALS**

Coordinació: DE GRACIA CUESTA, ALVARO

Any acadèmic 2023-24

Informació general de l'assignatura

Denominació	ANÀLISI D'EQUIPS TÈRMICS INDUSTRIALS			
Codi	14540			
Semestre d'impartició	2N Q(SEMESTRE) AVALUACIÓ CONTINUADA			
Caràcter	Grau/Màster	Curs	Caràcter	Modalitat
	Màster Universitari en Enginyeria Industrial	2	OPTATIVA	Presencial
Nombre de crèdits assignatura (ECTS)	6			
Tipus d'activitat, crèdits i grups	Tipus d'activitat	PRAULA	TEORIA	
	Nombre de crèdits	3	3	
	Nombre de grups	1	1	
Coordinació	DE GRACIA CUESTA, ALVARO			
Departament/s	ENGINYERIA INDUSTRIAL I DE L'EDIFICACIÓ			
Distribució càrrega docent entre la classe presencial i el treball autònom de l'estudiant	60 h presencials (40%) 90 h treball autònom(60%)			
Informació important sobre tractament de dades	Consulteu aquest enllaç per a més informació.			
Idioma/es d'impartició	English			
Distribució de crèdits	Dr. Alvaro de Gracia: 3 ECTS Dr. Albert Oriol Castell Casol: 3 ECTS			

Professor/a (s/es)	Adreça electrònica professor/a (s/es)	Crèdits impartits pel professorat	Horari de tutoria/lloc
CASTELL CASOL, ALBERT ORIOL	albert.castell@udl.cat	3	
DE GRACIA CUESTA, ALVARO	alvaro.degracia@udl.cat	3	

Informació complementària de l'assignatura

Aquest curs revisa i amplia els coneixements sobre transferència de calor i termodinàmica, que són necessaris per al disseny adequat de moltes tecnologies que s'utilitzen habitualment en l'actualitat, com ara electrodomèstics, electrònica, aïllament de cases i instal·lacions, radiadors de cotxes, captadors solars, equips per a plantes elèctriques o dissenys tèrmics aeroespacials.

El curs es basa en els principis bàsics de la termodinàmica i les lleis experimentals per als diferents modes de transferència de calor (la llei de Fourier per a la conducció, la llei de Newton de refrigeració, per a convecció i la llei de Stefan-Boltzmann per a la radiació) de manera que l'estudiant sigui capaç de dissenyar i analitzar diferents tipus d'equips tèrmics industrials, utilitzant mètodes de resolució tant analítics com numèrics. Així mateix, introdueix els estudiants en eines avançades de simulació numèrica, com la multi-física COMSOL i la termografia d'infrarojos. Es recomana tenir una base suficient en transferència de calor, termodinàmica i equacions diferencials. És una assignatura optativa que s'imparteix el 2n semestre del 2n curs del màster en Enginyeria Industrial. Segons l'estructura del grau, aquesta assignatura optativa forma part del mòdul de formació opcional i del mòdul Sistemes energètics, juntament amb l'assignatura "Maquinària elèctrica a la indústria". Aquests dos temes comparteixen una pràctica comuna i tenen per objectiu una anàlisi comuna d'aspectes tèrmics i elèctrics en problemes i projectes.

És **OBLIGATORI** que els estudiants portin els següents equips de protecció individual (EPI) a les pràctiques docents.

- Bata laboratori blava o blanca UdL unisex
- Ulleres de protecció
- Guants de protecció mecànica

Poden adquirir-se a través de la botiga Údels de la UdL:

Carrer de Jaume II, 67 baixos
Centre de Cultures i Cooperació Transfronterera

<http://www.publicacions.udl.cat/>

L'ús d'altres equips de protecció (per exemple taps auditius, mascaretes respiratòries, guants de risc químic o elèctric, etc.) dependrà del tipus de pràctica a realitzar. En aquest cas, el personal docent responsable informará si és necessari la utilització d'EPI's específics.

No portar els EPI's descrits o no complir les normes de seguretat generals que es detallen a sota comporta que l'estudiant no pugui accedir als laboratoris o hagi de sortir del mateixos. La no realització de les pràctiques docents

per aquest motiu comporta les **conseqüències en l'avaluació** de l'assignatura que es descriuen en aquesta guia docent.

NORMES GENERALS DE SEGURETAT EN LES PRÀCTIQUES DE LABORATORI

- Mantenir el lloc de realització de les pràctiques net i ordenat. La taula de treball ha de quedar lliure de motxilles, carpetes, abrics...
- En el laboratori no es pot anar amb pantalons curts ni faldilles curtes.
- Portar calçat tancat i cobert durant la realització de les pràctiques.
- Portar el cabell llarg sempre recollit.
- Mantenir les bates cordades per protegir enfront d'esquitxades i vessaments de substàncies químiques.
- No portar polseres, penjolls o mànigues amples que puguin ser atrapats pels equips, muntatges...
- Evitar portar lents de contacte, ja que l'efecte dels productes químics és molt més gran si s'introdueixen entre la lent de contacte i la còrnia. Es pot adquirir un cobre-ulleres de protecció.
- No menjar ni beure dins el laboratori.
- Està prohibit fumar dins dels laboratoris.
- Rentar-se les mans sempre que es tingui contacte amb algun producte químic i abans de sortir del laboratori.
- Seguir les instruccions del professor i dels tècnics de laboratori i consultar qualsevol dubte sobre seguretat.

Per a major informació es pot consultar el manual d'acollida del Servei de Prevenció de Riscos Laborals de la UdL que es troba a: <http://www.sprl.udl.cat/alumnes/index.html>

És **OBLIGATORI** que els estudiants portin els següents equips de protecció individual (EPI) a les pràctiques docents.

- Bata laboratori blava o blanca UdL unisex
- Ulleres de protecció
- Guants de protecció mecànica

Poden adquirir-se a través de la botiga Údels de la UdL:

Carrer de Jaume II, 67 baixos
Centre de Cultures i Cooperació Transfronterera

<http://www.publicacions.udl.cat/>

L'ús d'altres equips de protecció (per exemple taps auditius, mascaretes respiratòries, guants de risc químic o elèctric, etc.) dependrà del tipus de pràctica a realitzar. En aquest cas, el personal docent responsable informarà si és necessari la utilització d'EPI's específics.

No portar els EPI's descrits o no complir les normes de seguretat generals que es detallen a sota comporta que l'estudiant no pugui accedir als laboratoris o hagi de sortir del mateixos. La no realització de les pràctiques docents per aquest motiu comporta les **conseqüències en l'avaluació** de l'assignatura que es descriuen en aquesta guia docent.

NORMES GENERALS DE SEGURETAT EN LES PRÀCTIQUES DE LABORATORI

- Mantenir el lloc de realització de les pràctiques net i ordenat. La taula de treball ha de quedar lliure de motxilles, carpetes, abrics...
- En el laboratori no es pot anar amb pantalons curts ni faldilles curtes.
- Portar calçat tancat i cobert durant la realització de les pràctiques.
- Portar el cabell llarg sempre recollit.
- Mantenir les bates cordades per protegir enfront d'esquitxades i vessaments de substàncies químiques.
- No portar polseres, penjolls o mànigues amples que puguin ser atrapats pels equips, muntatges...
- Evitar portar lents de contacte, ja que l'efecte dels productes químics és molt més gran si s'introdueixen entre la lent de contacte i la còrnia. Es pot adquirir un cobre-ulleres de protecció.
- No menjar ni beure dins el laboratori.
- Està prohibit fumar dins dels laboratoris.
- Rentar-se les mans sempre que es tingui contacte amb algun producte químic i abans de sortir del laboratori.
- Seguir les instruccions del professor i dels tècnics de laboratori i consultar qualsevol dubte sobre seguretat.

Per a major informació es pot consultar el manual d'acollida del Servei de Prevenció de Riscos Laborals de la UdL que es troba a: <http://www.sprl.udl.cat/alumnes/index.html>

Objectius acadèmics de l'assignatura

Objectius generals de l'assignatura

Proporcionar als estudiants els coneixements i tècniques, eines, habilitats i habilitats necessàries per desenvolupar eficaçment activitats professionals relacionades amb l'anàlisi i el disseny d'equips tèrmics industrials.

L'assoliment d'aquest objectiu general es basa en:

- Aprendre a descriure i resoldre les equacions diferencials que defineixen la transferència de calor per conducció en sòlids
- Aprendre les equacions de Navier-Stokes i les seves aplicacions en l'ús de grups sense dimensions.
- Aprendre la teoria de la capa límit i l'àrea potencial
- Conèixer el mecanisme de transferència de calor per radiació de diverses superfícies
- Conèixer els mètodes numèrics per resoldre problemes amb equacions diferencials no integrables
- Conèixer la metodologia CFD per al càlcul de problemes de transferència de calor en sòlids i fluids
- Escriure amb un llenguatge tècnic adequat i amb correcció ortogràfica i gramatical.
- Per aprendre a defensar públicament, amb idees i conceptes clars i amb un llenguatge tècnic adequat, un projecte d'equips tèrmics industrials.

Competències

Competències generals

- **CG3** Capacitat per transmetre informació, idees, problemes i solucions tant per a un públic especialitzat com no especialitzat.
- **CG4** Capacitat per concebre, dissenyar i implementar projectes i / o proporcionar solucions noves mitjançant les eines que ofereix l'enginyeria.
- **CG7** Projectar, calcular i dissenyar productes, processos, instal·lacions i plantes.
- **CG9** Fer recerca, desenvolupament i innovació en productes, processos i mètodes.

Competències específiques

- **CE5** Coneixement i capacitat per al disseny i anàlisi de motors de calor, màquines hidràuliques i instal·lacions de calor i refrigeració industrial.

Competències transversals

- **CT1** Habilitats adequades en llengua oral i escrita.
- **CT2** Coneixement d'una llengua estrangera

Projectar, calcular i dissenyar productes, processos, instal·lacions i plantes.

Continguts fonamentals de l'assignatura

1. Enginyeria tèrmica bàsica

1.1 Propietats físiques

1.2 Conducció

1.3 Convecció

1.4 Radiació

2. Conducció

2.1 Introducció a la conducció

2.2 Equacions diferencials en estat estacionari

2.3 Solucions analítiques en estat estacionari

2.4 Estat transitori

3. Mètodes numèrics

3.1 Introducció als mètodes numèrics

3.2 Formulació de diferències fines

3.3 Mètode del balanç energètic

3.3.1 1- D Conducció de calor en estat constant

3.3.2 Conducció de calor en estat constant

3.3.3 Conducció de calor transitòria 1-D

3.4 Eines d'optimització mitjançant models numèrics

4. Convecció

4.1 Introducció a la convecció

4.2 Equacions de Navier-Stokes

4.3 Estrat límit i zona potencial

4.4 Teoria del model i anàlisi dimensional

4.5 Dinàmica computacional de fluids (CFD)

5. Radiació

5.1 Introducció a la radiació

5.2 Paràmetres que defineixen la radiació

5.3 Mètode de les radiositats

6. Problemes combinats

Eixos metodològics de l'assignatura

Els eixos metodològics del curs es divideixen en:

- **Docència invertida (*Flipped Learning*):** Els estudiants aprenen nous continguts mitjançant les TIC fora de l'aula i el professor detecta els conceptes erronis o dubtes.
- **Sessions just-in-time a classe:** El professor dona feedback de les activitats de docència invertida i es realitzen activitats de caràcter pràctic o de reforç individualitzades o tutoritzades pel professor a l'aula.
- **Classe magistral:** Els continguts són presentats oralment pel professor sense participació activa dels estudiants.
- **Resolució de problemes:** El professor resoldrà alguns exemples i en planteja altres per a que els estudiants prenguin part activa del seu procés d'aprenentatge treballant i ressolent els problemes, individualment o en grup.
- **Treball en equip:** El professor realitza un seguiment del treball assignat als diferents grups d'estudiants i els estudiants prenen part activa del seu procés d'aprenentatge aplicant els coneixements teòrics a un cas d'estudi complex.
- **Sessions de pràctiques:** El professor planteja una activitat pràctica als estudiants, que prenen part activa del seu procés d'aprenentatge aplicant els coneixements teòrics en una situació real de primera mà.

Pla de desenvolupament de l'assignatura

El pla de desenvolupament seguirà l'ordre dels continguts.

Aquest pla pot estar modificat al llarg del curs, en funció del nombre d'estudiants, dels grups de treball i de l'evolució del grup.

A continuació es detallen els capítols que ofereix cada professor.

Capítol 1. Albert Castell

Capítol 2. Albert Castell

Capítol 3. Alvaro de Gràcia

Capítol 4. Albert Castell.

Capítol 5. Alvaro de Gràcia

Capítol 6. Alvaro de Gràcia

Els capítols 1 2 i 3 es desenvoluparan entre la setmana 1 i 8. Els capítols 4, 5 i 6 es desenvoluparan entre les setmanes 10 i 15.

Sistema d'avaluació

Bloc d'avaluació	%	Dates	O/V (1)	I/G (2)	Observacions
Examen	25	Setmana 9	O	I	Nota mínima de 3 per a fer mitja
Projecte transferència de calor combinada	20	Setmana 17	O	G	
Projecte mètodes numèrics	30	Setmana 17	O	I	
Projecte CFD	25	Setmana 17	O	G	
Examen recuperació	25	Setmana 18/19	O	I	Nota mínima de 3 per a fer mitja

(1) Obligatori/Voluntari

(2) Individual/Grup

Evaluació Alternativa: Examen amb tot el temari del curs.

Bibliografia i recursos d'informació

Bibliografia bàsica

- Yunus A. Çengel, 'Heat Transfer: A Practical Approach', 2nd Edition, McGrawHill ,2003.
- Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. DeWitt, ' Fundamentals of Heat and Mass Transfer', 7th Edition, John Wiley & Sons, 2011.

Bibliografia complementària

- Gregory Nellis, Sanford Klein. 'Heat Transfer', Cambridge University Press, 2009.
- M.Fogiel. 'Heat transfer problem solver', REA, 1999.
- Frank Kreith, Mark S. Bohn. 'Principios de transferencia de calor' Thomson, 2001.

Altres recursos

- Thermal Imaging Guidebook for Industrial Applications, 2011, FLIR Systems AB (http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_EN.pdf)