



# Guia docent

## 240782 - 240782 - Termodècnia

Última modificació: 27/06/2023

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

**Titulació:** GRAU EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS I ANÀLISI ECONÒMICA (Pla 2018). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2023      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Velo Garcia, Enrique

**Altres:** Capdevila Paramio, Roser  
Mas De Les Valls Ortiz, Elisabet

### CAPACITATS PRÈVIES

---

### REQUISITS

---

Termodinàmica i mecànica de fluids  
Informàtica bàsica

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

**Específiques:**

CEGTI 7. Coneixements de fluïds, termodinàmica aplicada, transmissió de calor i enginyeria tèrmica.

**Genèriques:**

CGGTI 1. Capacitat per a la redacció i desenvolupament de projectes en l'àmbit de l'Enginyeria Industrial que tinguin per objecte, d'acord amb els coneixements adquirits segons la formació rebuda en tecnologies específiques, la construcció, reforma, reparació conservació, demolició, fabricació, instal.lació, muntatge o explotació de: estructures, equips mecànics, instal.lacions energètiques, instal.lacions elèctriques i electròniques, instal.lacions i plantes industrials i/o processos de fabricació i automatització.

CGGTI 3. Coneixement en matèries bàsiques i tecnològiques que capacitin per a l'aprenentatge de nous mètodes i teories, i doti de versatilitat per adaptar-se a noves situacions.

CGGTI 4. Capacitat per resoldre problemes amb iniciativa, presa de decisions, creativitat, raonament crític i de comunicar i transmetre coneixements, habilitats i destreses en el camp de l'Enginyeria Industrial.

CGGTI 5. Coneixements per a la realització de medicions, càlculs, valoracions, tasacions, peritacions, estudis, informes, plans de treball i altres treballs similars.

CGGTI25. Identificar els factors clau d'un problema.

**Transversals:**

CT7. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit, i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

#### Bàsiques:

CBGTI1. Que els estudiants hagin demostrat posseir i comprés coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell què, si bé es recolça en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de la vanguardia del seu camp d'estudi.

CBGTI2. Que els estudiants sàpiguen aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i tinguin les competències que se solen demostrar mitjançant l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seva àrea d'estudi.

CBGTI3. Que els estudiants tinguin la capacitat de reunir i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seva àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguin una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.

## METODOLOGIES DOCENTS

Les classes combinen teoria i problemes, convidant els estudiants a participar-hi activament, en anàlisi de casos i presa de decisions tècniques. Es fomenta el treball continuat durant tot el curs amb el lliurament de deures basats en problemes.

A les classes presencials, la teoria es presenta simultàniament a la resolució de problemes (que permet a l'alumne aprofundir en els conceptes bàsics de transferència de calor). A les presentacions a classe, es mostren imatges de tipus industrial amb l'objectiu de motivar els estudiants i mostrar-los la importància d'estudiar aquesta assignatura. S'expliquen els conceptes teòrics i es desenvolupen els models de càlcul matemàtic, les seves restriccions i el seu àmbit d'aplicació. A les classes de problemes, es mostra l'ús correcte de models matemàtics, utilitzant un grau de dificultat creixent. Es posa especial èmfasi en la interpretació dels resultats.

Al laboratori (5 h) els estudiants tenen l'oportunitat de conèixer els dispositius i la metodologia per a la determinació experimental de magnituds i paràmetres tèrmics, aprofundir en l'ús de correlacions, així com en la validació dels resultats obtinguts ajustant els balanços d'energia.

S'espera de l'estudiant una dedicació addicional d'una hora i mitja per cada hora de classe.

El treball dirigit (o deures) sol consistir a resoldre problemes de transferència de calor. Es proposen lliurar-los en paper o mitjançant qüestionaris al Campus ATENEA. Per tant, els professors podran proposar i recollir exercicis al llarg del curs.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Els objectius generals de l'assignatura són:

1. Fer una introducció als conceptes teòrics, terminologia, convencions, principis, lleis fonamentals i metodologies per al càlcul de problemes de transferència de calor per conducció, convecció i radiació.
2. Proporcionar a l'estudiant coneixements bàsics que serviran de punt de partida per a assignatures de màster que inclouen a) la modelització de fenòmens de transmissió de calor amb generació de calor i b) el disseny d'equips industrials.

Els objectius específics són:

1. L'estudiant ha de saber calcular i, si cal, reduir les pèrdues de calor de qualsevol sistema no isotèrmic (canonades, parets, aletes, etc.) mitjançant solucions analítiques o numèriques.
2. L'estudiant ha de saber determinar l'intercanvi de potència tèrmica entre dos fluids que es mouen a diferents temperatures (flux intern en conductes en intercanviadors de calor).
3. L'estudiant ha de ser capaç de calcular un balanç de potència radiant tèrmica entre les superfícies d'un recinte (com un forn) amb un medi no participant (buit o aire sec), així com conèixer els principis de l'efecte hivernacle.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	55,0	43.14
Hores grup petit	5,0	3.92
Hores aprenentatge autònom	67,5	52.94

**Dedicació total:** 127.5 h



## CONTINGUTS

### 1. INTRODUCCIÓ

**Descripció:**

Objecte i abast del tema. Conceptes de "calor" i "transferència de calor". Mecanismes de transferència de calor. Llei de Fourier de la conducció de calor. Convecció i llei de refredament de Newton. Radiació i llei de Stefan-Boltzmann. Conservació d'energia en un volum de control. Propietats tèrmiques de la matèria.

**Dedicació:** 15h

Grup gran/Teoria: 6h

Aprentatge autònom: 9h

### 2. CONDUCCIÓ DE CALOR UNIDIMENSIONAL, EN ESTAT ESTACIONARI

**Descripció:**

Equació de difusió de calor. Condicions inicials i límit. La paret plana i els sistemes radials. Resistència tèrmica i conductància tèrmica. Mecanismes combinats. Resistència al contacte. Aïllament tèrmic. Radi crític amb  $h$  variable. Conducció amb generació d'energia tèrmica. Transferència de calor des de superfícies esteses (aletes).

**Dedicació:** 30h

Grup gran/Teoria: 12h

Aprentatge autònom: 18h

### 3. APLICACIÓ DE MÈTODES NUMÈRICS PER A LA CONDUCCIÓ

**Descripció:**

Resoldre problemes de transferència de calor mitjançant mètodes numèrics. Discretització de l'espai i el temps. El mètode de l'balanç d'energia. Règim estacionari i transitori. Mètodes de diferències finites. Càlcul de conductàncies. Resolució amb ANSYS d'exercicis amb geometries complexes i amb condicions de contorn extretes de l'entorn industrial.

**Dedicació:** 35h

Grup gran/Teoria: 14h

Aprentatge autònom: 21h

### 4. CONVECCIÓ

**Descripció:**

Llei de Newton. Capa límit hidrodinàmica i capa límit tèrmica. Perfil de velocitat i perfil de temperatura. Definició del coeficient de convecció. Nombres sense dimensions. Número de Nusselt. Correlacions i fórmules. Equacions de balanç de calor. Flux intern en conductes. Fórmules de Petukow i Gnielinski. Equació diferencial del balanç energètic en un conducte. Condicions de contorn. Intercanviadors de calor de doble tub. Intercanviadors de calor multitubs.

**Dedicació:** 22h

Grup gran/Teoria: 9h

Aprentatge autònom: 13h



## 5. RADIACIÓ TÈRMICA

### Descripció:

Naturalesa i característiques de la radiació tèrmica. Fluxos superficials hemisfèrics. Cos negre. Intensitat de radiació. Llei de distribució de Planck. Funció de radiació. Les lleis de Kirchoff. Factors de visió. Balanç d'energia radiant en un recinte amb N superfícies. Efecte hivernacle.

### Dedicació: 35h

Grup gran/Teoria: 14h

Aprenentatge autònom: 21h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Per a l'avaluació ordinària, la nota final serà

$$\text{FINAL} = 0,20 \times E1 + 0,20 \times \text{NUM} + 0,05 \times \text{LAB} + 0,05 \times \text{PROB} + 0,50 \times E2$$

On:

FINAL: Nota final arrodonida segons la normativa vigent

E1: Nota del primer examen (dut a terme a la data establerta per l'ETSEIB a mitjans del semestre) (temes 1 i 2)

NUM: Nota de la part dels mètodes numèrics (tema 3)

LAB: Nota de la sessió de laboratori (tema 1)

PROB: Nota dels exercicis (problemes) realitzats durant el desenvolupament del curs. (temes 1, 2, 4 i 5)

E2: Nota del segon examen (dut a terme a la data fixada per l'ETSEIB al final del semestre o data d'exàmens finals) (temes 4 i 5)

Nota de la part dels mètodes numèrics (NUM):

Dins del calendari de classes teòriques i de problemes, s'explicaran els fonaments i la metodologia per resoldre problemes de transferència de calor mitjançant mètodes numèrics. La nota d'aquesta part té dos elements:

a) 50% Treball individual. Consistirà en la resolució al campus d'ATENEA d'un exercici d'aplicació del mètode del balanç d'energia. El qüestionari s'obrirà aproximadament dues setmanes després de l'examen parcial, durant un temps limitat i amb un únic intent. L'exercici inclourà tan l'estudi d'un règim transitori com d'un estat estacionari. L'estudiant podrà fer servir els recursos de càlcul que tingui al seu abast, tan a casa com a la universitat. La data i l'hora d'aquest exercici es publicaran a ATENEA.

b) 50% Treball en grup de simulació numèrica mitjançant ANSYS. Aquest exercici es fa en grups d'alumnes (màxim 4 alumnes).

Només amb l'objectiu de millorar la nota final del curs, el professorat pot incorporar altres elements o criteris d'avaluació, si escau.

Reavaluació del CURS:

Els estudiants que han suspès o no s'han presentat tenen una nova avaluació del curs. La nota final de la reavaluació és directament la nota obtinguda a l'examen de reavaluació, que substitueix totes les notes anteriors.

### CONVALIDACIONS

La nota de mètodes numèrics i/o la nota de la sessió de laboratori es convalida si l'alumne les ha aprovat en alguna convocatòria anterior. Es mantindrà la qualificació obtinguda anteriorment. No obstant això, les pot repetir si vol millorar la nota.

## **NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.**

---

Primer examen: inclourà preguntes conceptuals i / o exercicis de càlcul. El seu contingut farà referència als temes 1 i 2 del programa de l'assignatura. Durada aproximada: 1 hora.

Segon examen: constarà d'una prova amb preguntes conceptuals i / o exercicis breus de càlcul i un parell de problemes. Durada total de l'examen: entre 3 i 4 hores. El seu contingut només farà referència als temes 4 i 5 de l'assignatura.

Està prevista una pràctica experimental. Cada estudiant haurà de llegir prèviament el text de l'experiment que es trobarà al campus digital. El grup de pràctiques haurà de lliurar un informe del treball dut a terme a la fi de la sessió pràctica.

L'examen de reavaluació inclou tot el temari i els continguts pràctics. Durada aproximada 3-4 h. Els exàmens de reavaluació són similars als que es realitzen durant el curs i comprendran tot el temari de l'assignatura. Com a mínim, hi haurà un exercici de conducció, un de convecció i un altre de radiació.

Per a realitzar qualsevol dels exàmens presencials, l'alumnat podrà portar una calculadora programable (o més d'una) i un full A4 (dues cares) amb tota la informació que consideri adient com a fórmules per a la resolució de problemes.

Per als exercicis de convecció, cal que els i les estudiants tinguin a l'abast les propietats de l'aire i l'aigua que es proporcionen al llarg de el curs.

Les preguntes al professorat durant els exàmens només poden referir-se a la comprensió de l'enunciat de l'examen.

## **BIBLIOGRAFIA**

---

### **Bàsica:**

- Incropera, Frank P. ; David P. DeWitt. Fundamentos de transferencia de calor. 4a ed. México [etc.]: Prentice Hall, cop. 1999. ISBN 9701701704.
- Bergman, T. L. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th ed. New York: Wiley, 2020. ISBN 9781119722489.