

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

Unitat responsable:	340 - EPSEVG - Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú
Unitat que imparteix:	729 - MF - Departament de Mecànica de Fluids
Curs:	2019
Titulació:	GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Unitat docent Obligatòria) GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Unitat docent Obligatòria) GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Unitat docent Obligatòria) GRAU EN ENGINYERIA DE DISSENY INDUSTRIAL I DESENVOLUPAMENT DEL PRODUCTE (Pla 2009). (Unitat docent Optativa)
Crèdits ECTS:	6
Idiomes docència:	Català

### Professorat

Responsable:	JAUME MIQUEL MASALLES
Altres:	JAUME MIQUEL MASALLES DAVID MORENO MAESTRO BLAI BUERA MUÑOZ

### Capacitats prèvies

Coneixements previs de termodinàmica bàsica i transferència de calor.  
Coneixements previs bàsics del comportament dels fluids.  
Càlcul integral i diferencial.

### Requisits

340022 - Química  
340023 - Física I  
340026 - Càlcul avançat

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

1. CE7. Coneixement de termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria

Transversals:

3. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.
4. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.
5. TREBALL EN EQUIP - Nivell 2: Contribuir a consolidar l'equip, planificant objectius, treballant amb eficàcia i afavorint-hi la comunicació, la distribució de tasques i la cohesió.

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Metodologies docents

- **IMPARTICIÓ DE CONEIXEMENTS:** Sessions teòriques expositives i participatives, consistents en l'exposició i desenvolupament dels fonaments teòrics i, si cal, en la resolució d'exercicis tipus. El material a utilitzar hi serà disponible per a l'alumne en l'apartat del Campus Digital habilitat per a l'assignatura.
- **APRENTATGE APLICAT DE CONEIXEMENTS:** Sessions pràctiques de resolució de problemes, on es procurarà la màxima participació de l'alumne, a través de la seva implicació directa en la resolució d'exercicis. Posteriorment a la presentació i resolució d'algun problema per part del professor, els alumnes hauran de resoldre a classe/fora de classe individualment els exercicis que s'indiquin. L'alumne disposarà amb antelació en l'apartat del Campus Digital habilitat per a l'assignatura el recull de problemes a realitzar.
- **LLIURAMENT D'EXERCICIS I FEED BACK:** Lliurament de problemes resoltos per part dels alumnes. Els lliuraments consistiran en la resolució individual, a realitzar en classe o fora de classe, d'algun/s problema/es de la llista, o semblants als de la llista, que l'alumne tindrà al Campus Digital. Aquesta activitat tindrà pes avaluatiu i per a la seva realització es disposarà d'una rúbrica. L'alumne podrà fer feed-back a partir del lliurament dels problemes corregits.
- **APRENTATGE A PARTIR DE L'EXPERIMENTACIÓ I LA SIMULACIÓ:** Sessions pràctiques de laboratori i de simulació, realitzades directament pels alumnes, orientats pel professor, que els permetran observar de forma directa aspectes rellevants de la teoria desenvolupada. Els guions de les pràctiques a desenvolupar hi seran disponibles, amb antelació a la seva realització, en l'apartat del Campus Digital habilitat per a l'assignatura. Els alumnes lliuraran al professor una còpia de les dades experimentals obtingudes. Posteriorment, l'alumnat haurà de fer un informe de la pràctica realitzada. Per a la seva realització l'alumne disposarà al Campus Digital d'una rúbrica referent a la confecció dels informes de pràctiques. Aquests informes tindran pes avaluatiu i s'hauran de lliurar abans de la data indicada pel professor.
- **GUIES D'APRENTATGE GUIAT:** L'alumnat disposarà de guies d'estudi d'alguns dels temes de l'assignatura, amb les pautes que ha de seguir per a realitzar les activitats d'estudi encarregades. Aquestes guies s'acompanyaran de qüestionaris sobre el tema tractat que permetran a l'alumne/a realitzar una autoavaluació.
- **TUTORIES:** Tutories col·lectives o individuals que permetran a l'alumne/a resoldre els dubtes que pugui tenir sobre la matèria per a un seguiment eficaç de l'assignatura.
- **PROVES ESCRITES INDIVIDUALS:** L'alumnat realitzarà dos exàmens parcials (proves escrites individuals) de tots els coneixements de teoria i problemes desenvolupats a l'assignatura. En el primer examen parcial (CP1), els coneixements avaluats seran els desenvolupats a la primera part del quadrimestre, i es realitzarà cap a la meitat del quadrimestre. En el segon parcial (CP2) s'avaluaran els coneixements desenvolupats a la segona part del quadrimestre, i es realitzarà a final del quadrimestre en la data marcada per l'EPSEVG (període d'Avaluació Final). Es farà un Control Final de l'assignatura (CFinal) en el període d'Avaluació Final. Els estudiants amb nota del CP1 inferior a 3,50 poden presentar-se de forma totalment opcional a aquest Control Final, el qual substituirà al Control Parcial 2 (CP2). També es farà un Control Global (CGlobal) de Revaluació de tots els coneixements de teoria i problemes desenvolupats a l'assignatura en la data marcada per l'EPSEVG (període de Revaluació).

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

En acabar l'assignatura l'estudiant o estudianta ha de ser capaç de:

- Comprendre els fonaments de la termodinàmica aplicada i la transferència de calor.
- Conèixer els principis i fonaments dels equips i generadors tèrmics.
- Analitzar i resoldre problemes de l'àmbit de l'enginyeria tèrmica.
- Interpretar, analitzar, sintetitzar i extreure conclusions de resultats de mesures i assaigs.
- Redactar textos amb l'estructura adequada als objectius de comunicació.
- Conèixer i posar en pràctica la dinàmica de treballar en equip.
- Portar a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professor.



## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 150h	Hores grup gran:	52h 30m	35.00%
	Hores grup mitjà:	0h	0.00%
	Hores grup petit:	7h 30m	5.00%
	Hores activitats dirigides:	0h	0.00%
	Hores aprenentatge autònom:	90h	60.00%

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Continguts

#### TEMA 1: CONCEPTES FONAMENTALS DE TERMODINÀMICA. PROPIETATS DE LES SUBSTÀNCIES PURES

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 12h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 18h

#### Descripció:

- 1.1. Concepte de sistema termodinàmic. Classificació i exemples.
- 1.2. Concepte d'energia. Classificació de les formes d'energia. Dispositius de conversió d'energia: rendiments i impacte ambiental.
- 1.3. Concepte de propietat termodinàmica. Exemples.
- 1.4. Estat d'un sistema termodinàmic: Postulat d'estat, equacions d'estat, funcions d'estat i funcions de trajectòria.
- 1.5. Processos termodinàmics: Processos quasiestàtics, reversibles i irreversibles.
- 1.6. Concepte de cicle termodinàmic. Exemple
- 1.7. Concepte de substància pura. Fases d'una substància pura.
- 1.8. Diagrames d'estat d'una substància pura: Superfície P-v-T, diagrama T-v, diagrama P-v, diagrama P-T i altres diagrames termodinàmics (T-s, h-s, P-h).
- 1.9. Concepte de temperatura de saturació, pressió de saturació, líquid subrefredat, líquid saturat, vapor saturat, vapor humit i vapor sobreescalfat.
- 1.10. Taules de propietats termodinàmiques (T, P, v, u, h, s) de l'aigua i del refrigerant R-134a.
- 1.11. Factor de compressibilitat (Z). Estudi d'algunes equacions d'estat significatives.

#### Activitats vinculades:

- A1. Problemes de propietats de substàncies pures i equacions d'estat.
- A6. Primera prova escrita individual.
- A7. Pràctica d'ordinador: Càlcul de propietats volumètriques de fluids purs amb equacions d'estat cúbiques i comparació amb el software MINIREF.

#### Objectius específics:

Al finalitzar aquesta unitat docent, l'estudiant ha de ser capaç de:

- Identificar i explicar el vocabulari específic relacionat amb la termodinàmica mitjançant la definició precisa dels conceptes bàsics com: energia, sistema, estat, postulat d'estat, funció d'estat, funció de trajectòria, equilibri, procés, cicle, substància pura.
- Classificar les formes d'energia i definir les eficiències de conversió d'energia.
- Descriure i analitzar les implicacions de la conversió de l'energia en el medi ambient.
- Interpretar els diagrames de propietats: P-v, T-v i P-T, i les superfícies P-v-T de les substàncies pures, així com altres diagrames termodinàmics: T-s, h-s, P-h.
- Utilitzar els procediments per determinar propietats termodinàmiques de substàncies pures a partir de taules de propietats.
- Utilitzar l'equació d'estat de gas ideal i establir la seva validesa d'aplicació en problemes on intervenen gasos i vapors.
- Interpretar el concepte de factor de compressibilitat i resoldre problemes on intervé aquest concepte.
- Resoldre problemes amb algunes de les equacions d'estat més significatives.

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### TEMA 2: PRIMER I SEGON PRINCIPIS DE LA TERMODINÀMICA

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 12h

Aprenentatge autònom: 20h

#### Descripció:

- 2.1. Treball de canvi de volum en un procés reversible en un sistema tancat.
- 2.2. Primer principi de la termodinàmica per un sistema tancat estàtic.
- 2.3. Capacitats calorífiques  $c_v$  i  $c_p$ . Càlcul d'increments d'energia interna i d'entalpia.
- 2.4. Primer principi de la termodinàmica per un sistema obert en estat estacionari.
- 2.5. Aplicacions del primer principi a l'anàlisi de toveres, difusors, compressors, turbines de vapor, bescanviadors de calor, mescladors.
- 2.6. Segon principi de la termodinàmica: Rendiment tèrmic d'una màquina tèrmica. Coeficient de funcionament d'una màquina frigorífica i d'una bomba de calor. Enunciats del segon principi.
- 2.7. Cicle de Carnot. Màquina tèrmica, refrigerador i bomba de calor de Carnot.
- 2.8. Desigualtat de Clausius i la funció d'estat entropia. Càlcul de canvis d'entropia en processos reversibles en gasos ideals.
- 2.9. Aplicació del segon principi a turbines, bombes i compressors: rendiment isentròpic.

#### Activitats vinculades:

- A2. Problemes del Primer i Segon principis de la Termodinàmica.
- A6. Primera prova escrita individual

#### Objectius específics:

Al finalitzar aquesta unitat docent, l'estudiant ha de ser capaç de:

- Resoldre problemes de treball de canvi de volum en processos reversibles i sistemes tancats.
- Definir les capacitats calorífiques a volum constant i a pressió constant i relacionar-les amb el càlcul d'increments d'energia interna i d'entalpia.
- Resoldre problemes de balanç d'energia en sistemes tancats estàtics on intervinguin gasos ideals i substàncies pures (en base a taules de propietats termodinàmiques).
- Resoldre problemes de balanç d'energia en estat estacionari en dispositius comuns: toveres, difusors, compressors, turbines de vapor, bescanviadors de calor, mescladors.
- Definir el rendiment tèrmic d'una màquina tèrmica i el coeficient de funcionament d'una màquina frigorífica i d'una bomba de calor.
- Establir els enunciats de Kelvin-Planck i de Clausius del Segon Principi.
- Descriure el Cicle de Carnot i establir el rendiment tèrmic de la màquina tèrmica de Carnot i el coeficient de funcionament del refrigerador i la bomba de calor de Carnot.
- Definir la funció d'estat Entropia com una conseqüència del segon principi.
- Calcular canvis d'entropia en processos reversibles en gasos ideals.
- Aplicar el concepte de rendiment isentròpic per analitzar l'operació de turbines, bombes i compressors.

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

TEMA 3: PRINCIPIS DE TRANSMISSIÓ DE CALOR.  
APLICACIONS.

Dedicació: 28h

Grup gran/Teoria: 10h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 17h

### Descripció:

3.1 Introducció als mecanismes de transmissió de calor.

3.2. Transmissió de calor per conducció: Llei de Fourier. Paret plana, cilíndrica i esfèrica. Resistència tèrmica a la conducció i parets compostes.

3.3. Transmissió de calor per convecció: Llei de Newton. Resistència tèrmica a la convecció. Introducció al càlcul de coeficients de convecció en convecció forçada i convecció natural.

3.4. Transmissió de calor per radiació: Llei de Stefan-Boltzmann. Emissivitat d'una superfície. Bescanvi de calor per radiació entre superfícies grises. Coeficient de transmissió de calor per radiació. Resistència tèrmica a la radiació.

3.5. Transmissió de calor per mecanismes combinats. Coeficient global de transmissió de calor (U). Aplicació al càlcul d'aïllaments tèrmics

### Activitats vinculades:

A3. Problemes de principis de transmissió de calor.

A8. Pràctica de laboratori: Determinació de la conductivitat tèrmica d'un material aïllant.

A11. Segona prova escrita individual

### Objectius específics:

Al finalitzar aquesta unitat docent, l'estudiant ha de ser capaç de:

- Interpretar els mecanismes bàsics de transmissió de calor (conducció, convecció i radiació) i utilitzar les lleis fonamentals que els regeixen per la resolució de problemes simples.
- Identificar per un problema donat, els mecanismes de transmissió de calor que intervenen.
- Aplicar el mètode de les resistències tèrmiques per a resoldre diversos problemes de transmissió que es poden trobar en la pràctica (amb geometries planes, cilíndriques i esfèriques), pel cas de mecanismes individuals o mecanismes combinats.

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

<p><b>TEMA 4: FONAMENTS DE TERMODINÀMICA TÈCNICA</b></p>	<p>Dedicació: 32h Grup gran/Teoria: 10h Grup petit/Laboratori: 3h Aprentatge autònom: 19h</p>
<p>Descripció:</p> <p>4.1. Cicles de les instal·lacions de potència de vapor: El cicle de Rankine. Irreversibilitats. Sobreescalfament i rescalfament. Cicle de potència regeneratiu.</p> <p>4.2. Cicles de les plantes de potència de turbina de gas: Cicle de Brayton. Irreversibilitats.</p> <p>4.3. Cicles de referència dels motors de combustió interna alternatius: Cicle Otto. Cicle Diesel. Cicle semi-diesel o dual.</p> <p>4.4. Cicle de refrigeració per compressió de vapor. Irreversibilitats. Bomba de Calor.</p> <p>4.5. Mescles de gasos ideals i aire humit: Llei de Dalton i d'Amagat. Propietats de l'aire humit (humitat específica, humitat relativa, temperatura de rosada, temperatura de termòmetre humit, entalpia i volum específic). Diagrama psicromètric. Escalfament i refredament sensible. Deshumidificació i humidificació de l'aire humit</p> <p>Activitats vinculades:</p> <p>A4. Problemes de fonaments de Termodinàmica Tècnica.</p> <p>A9. Pràctica de laboratori: Determinació en funció del temps del balanç tèrmic i el COP d'una bomba de calor</p> <p>A10. Pràctica d'ordinador: Anàlisi de l'operació d'una central tèrmica convencional amb el software "PROPAGUA".</p> <p>A11. Segona prova escrita individual</p> <p>Objectius específics:</p> <p>Al finalitzar aquesta unitat docent, l'estudiant ha de ser capaç de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpretar i resoldre problemes de cicles bàsics de les plantes de potència de vapor.</li> <li>- Interpretar i resoldre problemes dels cicles bàsics de les plantes de potència de turbina de gas i dels motors de combustió interna alternatiu.</li> <li>- Interpretar i resoldre problemes del cicle bàsic de refrigeració per compressió mecànica de vapor, el qual és la base del funcionament dels refrigeradors, bombes de calor i d'alguns sistemes d'aire condicionat.</li> <li>- Definir i efectuar càlculs amb els models per a descriure el comportament P-v-T de mescles de gasos ideals (Dalton i Amagat).</li> <li>- Definir i efectuar càlculs amb els conceptes relatius a l'aire humit (humitat específica, humitat relativa, temperatura de rosada, entalpia, volum específic).</li> <li>- Utilitzar el diagrama psicromètric per a determinar les propietats de l'aire humit.</li> <li>- Calcular alguns processos de condicionament de l'aire humit (escalfament i refredament sensible, deshumidificació i humidificació amb aigua o vapor).</li> </ul>	

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### TEMA 5: INTRODUCCIÓ ALS EQUIPS I GENERADORS TÈRMICS

Dedicació: 26h

Grup gran/Teoria: 10h

Aprenentatge autònom: 16h

#### Descripció:

5.1. Bescanviadors de calor: Classificació. Coeficient global de transmissió de calor ( $U$ ). Equacions del balanç d'energia. Diferència de temperatures mitjana logarítmica (DTML). Gràfics de  $F$  per a diversos tipus de bescanviadors. Mètode de càlcul F-DTML.

5.2. Combustibles i combustió: Classificació dels combustibles. Poder calorífic dels combustibles. Equacions químiques de la combustió (combustió estequiomètrica, combustió amb excés i defecte d'aire).

5.3. Calderes o Generadors de vapor: Classificació. Utilització de les calderes. Balanç de massa i energia aplicat a una caldera. Rendiment d'una caldera.

#### Activitats vinculades:

A5. Problemes d'introducció als equips i generadors tèrmics.

A11. Segona prova escrita individual.

#### Objectius específics:

Al finalitzar aquesta unitat docent, l'estudiant ha de ser capaç de:

- Identificar i classificar els diferents tipus de bescanviadors de calor.
- Establir l'equació pel càlcul del coeficient global de transmissió de calor ( $U$ ).
- Efectuar un balanç d'energia general als bescanviadors de calor.
- Analitzar el comportament tèrmic de bescanviadors de calor en base al mètode F-DTML.
- Interpretar els conceptes bàsics referents als combustibles i la combustió.
- Aplicar el principi de conservació de la massa a sistemes reactius per a efectuar càlculs i determinar les equacions de la combustió ajustades.
- Classificar els diferents tipus de calderes i efectuar balanços de massa i energia a les mateixes.
- Determinar el rendiment tèrmic d'una caldera.



## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Sistema de qualificació

El pes avaluatiu dels diferents conceptes que intervenen en la qualificació de l'assignatura són:

- PROVES ESCRITES INDIVIDUALS: 75%
- LLIURAMENT D'EXERCICIS RESOLTS: 12%
- PRÀCTIQUES (LABORATORI I SIMULACIÓ): 13%

Per a obtenir la Nota Final de FENT s'aplicarà la següent equació de l'avaluació:

$$[1] \text{ Nota Final de FENT} = \text{Nota CP1} * 0,375 + \text{Nota CP2} * 0,375 + \text{Nota Lliurament Problemes} * 0,12 + \text{Nota Pràctiques} * 0,13$$

Els alumnes que hagin tret una nota inferior a 3,5 en la Nota del CP1, podran presentar-se de forma totalment opcional a un Control Final (CFinal) en lloc del CP2. Aquest CFinal es realitzarà el mateix dia i hora que el CP2, dins del Període d'Avaluació Final. L'equació de l'avaluació, per a obtenir la Nota Final de FENT, en aquest cas és:

$$[2] \text{ Nota Final de FENT} = \text{Nota CFinal} * 0,75 + \text{Nota Lliurament de Problemes} * 0,12 + \text{Nota Pràctiques} * 0,13$$

No hi han notes mínimes en cap dels actes avaluatius anteriors en el moment d'aplicar les equacions [1] ó [2].

#### REVALUACIÓ:

L'estudiant que tingui:  $3,0 \leq \text{Nota Final de FENT} \leq 4,9$ , té dret a presentar-se a la Revaluació de l'assignatura de FENT.

La revaluació constarà d'un Control Global de teoria i problemes de l'assignatura que tindrà un pes del 75%.

Una vegada fet el Control Global (CGlobal) de revaluació, la Nota Final de Revaluació s'obté seguint la següent expressió:

$$\text{Nota Final Revaluació} = \text{Nota CGlobal} * 0,75 + \text{Nota Lliurament de Problemes} * 0,12 + \text{Nota Pràctiques} * 0,13$$

La Nota Final de FENT després de la revaluació serà:

- Si la Nota Final Revaluació és igual o superior a 5,0: La Nota Final de FENT = 5,0
- Si la Nota Final Revaluació és inferior a 5,0: s'agafarà com Nota Final de FENT la nota més alta entre la Nota Final Revaluació i la Nota Final de FENT anterior a la revaluació.

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Normes de realització de les activitats

- Cadascuna de les dues proves escrites individuals (Controls Parcial) constarà de dues parts: un test de teoria (que podrà constituir fins a un 30% de la nota de la prova) i un cert nombre de problemes (fins a completar el 100% de la nota de la prova). Ambdues proves tenen el mateix pes avaluatiu (37,5%). No s'exigeix una nota mínima dels controls parcials.
- El Control Final (CFinal) constarà de dues parts: un test de teoria (que podrà constituir fins al 30% de la nota de la prova) i un cert nombre de problemes (fins a completar el 100 % de la nota de la prova). Aquesta prova té un pes avaluatiu del 75%. No s'exigeix una nota mínima del Control Final.
- Els lliuraments de problemes resolts de forma individual seran avaluats seguint la rúbrica per a la realització dels lliuraments de problemes, que l'alumne disposarà amb antelació. Els problemes resolts hauran de ser lliurats al professor personalment o a través del Campus Atenea, i dins del termini de temps assignat.
- Els informes de pràctiques de laboratori seran avaluades segons la rúbrica establerta per a la realització dels mateixos i que els alumnes disposaran prèviament. Per a tenir nota de les pràctiques de laboratori és indispensable haver realitzat presencialment les pràctiques i presentar els informes amb el grup amb el que es va realitzar la pràctica al laboratori.
- Si un estudiant presenta lliuraments de problemes i/o pràctiques, al final tindrà una qualificació de l'assignatura encara que no s'hagi presentat a les proves escrites individuals (controls parcials o control final).

### REVALUACIÓ:

- Quan la Nota Final de FENT és inferior a 5,0 però igual o superior a 3,0 , es pot optar a la Revaluació. En aquest cas, són reavaluables els continguts de teoria i problemes del CP1 i CP2. En la Revaluació hi haurà un Control Global de l'assignatura (CGlobal) i aquest tindrà un pes del 75 %.
- El Control Global (CGlobal) de la revaluació constarà de dues parts: un test de teoria (que podrà constituir fins a un 30 % de la nota de la prova) i un cert nombre de problemes (fins a completar el 100 % de la nota de la prova).

## 340038 - FENT-F3029 - Fonaments d'Enginyeria Tèrmica

### Bibliografia

#### Bàsica:

Çengel, Yunus A.; Boles, Michael A. Termodinàmica [en línia]. 9a ed. Mèxico, D.F: McGraw-Hill, 2019 [Consulta: 18/10/2019]. Disponible a: <[https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C\\_\\_Rb1431687?lang=cat](https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C__Rb1431687?lang=cat)>. ISBN 9781456272081.

Moran, Michael J.; Shapiro, Howard N. Principles of engineering thermodynamics. 8th ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 9781118412930.

Çengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J. Transferencia de calor y masa : fundamentos y aplicaciones. 4a ed. Mèxico [etc.]: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9786071505408.

Llorens, Martín; Miranda Barreras, Àngel Luis. Ingeniería tèrmica. Barcelona: Marcombo, 2009. ISBN 9788426715319.

#### Complementària:

Çengel, Yunus A.; Turner, Robert; Cimbala, John M. Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2008. ISBN 9780071266314.

Kaminski, Deborah A.; Jensen, Michael K. Introduction to thermal and fluids engineering. New York: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0471268739.

Dutta, Binay K.. Heat transfer: principles and applications. New Delhi: PHI Learning, 2006. ISBN 9788120316256.

Chandra, Ramesh. Refrigeration and air conditioning. New Delhi: PHI Learning, 2010. ISBN 9788120339156.

#### Altres recursos:

En les aules informàtiques de l'EPSEVG estan instal·lats els programes (software) usats en l'assignatura de FENT.