



## Guia docent 320016 - ET - Enginyeria Tèrmica

Última modificació: 29/05/2020

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa  
**Unitat que imparteix:** 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).  
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).  
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).  
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).  
GRAU EN ENGINYERIA DE TECNOLOGIA I DISSENY TÈXTIL (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2020      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès, Català

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Martí Rosas Casals

**Altres:** Borja Borrás Quintanal  
Roser Capdevila Paramio  
Núria Garrido Soriano  
John M. Hutchinson  
Joaquim Rigola Serrano  
Martí Rosas Casals  
Francesc Xavier Trias Miquel

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

---

**Específiques:**

1. IND\_COMÚ: Coneixement de termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació de problemes d'enginyeria.

**Transversals:**

2. 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.
3. 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.
4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 2: Després d'identificar les diferents parts d'un document acadèmic i d'organitzar-ne les referències bibliogràfiques, dissenyar-ne i executar-ne una bona estratègia de cerca avançada amb recursos d'informació especialitzats, seleccionant-hi la informació pertinent tenint en compte criteris de rellevància i qualitat.

## METODOLOGIES DOCENTS

---

- Sessions presencials d'exposició dels continguts basada en resolució d'exemples.
- Sessions presencials de treball pràctic i resolució d'exercicis.
- Treball autònom d'estudi, preparació de les sessions presencials i realització d'exercicis.

Les sessions presencials basades en problemes introdueixen les bases teòriques de la matèria, conceptes, mètodes i resultats mitjançant exercicis resolt pas per pas.

Les sessions de treball pràctic a l'aula (problemes) inclouran essencialment:

- a) Sessions en les que el professor guiarà els estudiants en la resolució de problemes aplicant els coneixements adquirits a les sessions teòriques (44%).
- b) Sessions en les que es treballarà amb el programari de l'assignatura (i.e., TEST, The Expert System for Thermodynamics, <http://energy.sdsu.edu/testcenter/>) (44%).
- c) Sessions d'exàmens (12%).

Els estudiants, de forma autònoma, hauran de:

- a) preparar les sessions presencials (mitjançant la lectura dels apunts de classe prèviament a la realització de la mateixa) i
- b) estudiar els continguts teòrics i pràctics de la matèria per tal d'assimilar els conceptes, resolent els exercicis proposats que finalment seran entregats i avaluats.

## OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

L'objectiu general que es persegueix en l'assignatura d'Enginyeria Tèrmica és, per una banda, presentar els conceptes teòrics bàsics dels àmbits de la termodinàmica aplicada i la transmissió de calor i les seves aplicacions a l'enginyeria; per una altra, desenvolupar les capacitats creatives i operatives de l'alumnat per a resoldre problemes que permetin l'aplicació dels conceptes apresos. Paral·lelament, treballar amb el programari termodinàmic TEST (<http://energy.sdsu.edu/testcenter/>) per tal de facilitar la resolució de problemes de final obert.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

---

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	15,0	10.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup gran	45,0	30.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### TEMA 1: INTRODUCCIÓ A LA TERMODINÀMICA TÈCNICA

**Descripció:**

- 1.1. Sistema termodinàmic
- 1.2. Propietat, estat, procés i cicle termodinàmic
- 1.3. Principis operatius i classificació de les màquines i motors tèrmics
- 1.4. Evolució històrica de les màquines tèrmiques
- 1.5. Energia, medi ambient i canvi climàtic
- 1.6. Eficiència, consum energètic i energies renovables.

**Objectius específics:**

- Reconèixer els conceptes de propietat, procés i cicle termodinàmic.
- Diferenciar i classificar els principis operatius de la màquines i motors tèrmics.
- Reconèixer l'impacte de la utilització de les màquines i motors tèrmics en el medi ambient.

**Activitats vinculades:**

Control de comprensió  
Exercicis d'aplicació

**Dedicació:** 19h

Grup gran/Teoria: 4h 30m  
Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m  
Aprentatge autònom: 13h

### TEMA 2: SUBSTÀNCIES PURES

**Descripció:**

- 2.1. Els diagrames T-v, p-v i p-T
- 2.2. La superfície p-v-T.
- 2.3. Determinació de les propietats termodinàmiques
- 2.4. Models simplificats de substàncies pures

**Objectius específics:**

- Reconèixer les substàncies pures i la seva caracterització termodinàmica.
- Desenvolupar la capacitat per determinar les propietats de les substàncies pures en funció de les magnituds que en defineixen el seu estat.
- Reconèixer i aplicar els models que permeten la determinació d'aquestes propietats en líquids i sòlids.
- Conèixer els conceptes d'entalpia i entropia

**Activitats vinculades:**

Control de comprensió  
Exercicis d'aplicació

**Dedicació:** 21h

Grup gran/Teoria: 6h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h  
Aprentatge autònom: 13h



### TEMA 3: PRIMER PRINCIPI

#### Descripció:

- 3.1. Sistemes tancats i energia tèrmica
- 3.2. Calors específiques, entalpia i energia interna en gasos ideals, sòlids i líquids
- 3.3. Sistemes oberts i entalpia
- 3.4. Principis de conservació de la massa i l'energia
- 3.5. Dispositius de flux permanent.

#### Objectius específics:

- Reconèixer l'equivalència entre el primer principi de la termodinàmica i el principi de conservació de l'energia.
- Desenvolupar la capacitat per relacionar calor i treball en funció del tipus de sistema en estudi.
- Aplicar les simplificacions del primer principi en dispositius de flux permanent.

#### Activitats vinculades:

Control de comprensió  
Exercicis d'aplicació

#### Dedicació: 23h

Grup gran/Teoria: 7h 30m  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Aprentatge autònom: 13h

### TEMA 4: SEGON PRINCIPI I ENTROPIA

#### Descripció:

- 4.1. Màquines tèrmiques, cicle de Carnot i formulacions del Segon Principi.
- 4.2. Desigualtat de Clausius i entropia
- 4.3. Balanç d'entropia per sistemes tancats i sistemes oberts.
- 4.4. Diagrames de propietats que inclouen l'entropia. Rendiment isentròpic.
- 4.5. Processos de canvi d'entropia en substàncies pures, sòlids, líquids i gasos ideals

#### Objectius específics:

- Reconèixer el segon principi de la termodinàmica com a conseqüència de la irreversibilitat dels processos termodinàmics esdevinguts en les màquines tèrmiques.
- Reconèixer l'entropia com a corol·lari del segon principi de la termodinàmica.
- Desenvolupar la capacitat per a realitzar balanços d'entropia i treballar amb diagrames que la incloguin com a propietat.
- Presentar el rendiments isentròpic en dispositius de flux permanent.

#### Activitats vinculades:

Control de comprensió  
Exercicis d'aplicació  
Proves d'avaluació

#### Dedicació: 21h

Grup gran/Teoria: 6h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h  
Aprentatge autònom: 13h



## TEMA 5: CICLES MOTORS

### Descripció:

- 5.1. Cicles de potència amb vapor
- 5.2. Cicles de potència amb gas. Turbines, motors alternatius de combustió interna i externa.
- 5.3. Introducció als processos de combustió i al seu impacte ambiental.

### Objectius específics:

- Definir els cicles motors com a conjunt de processos termodinàmics que poden ésser estudiats amb l'ajut dels principis de la termodinàmica.
- Desenvolupar les particularitats dels cicles motors amb turbina de vapor, de gas, i dels cicles alternatius de combustió interna i externa.
- Reconèixer i avaluar el gran impacte mediambiental que la utilització massiva d'aquesta cicles genera en la societat actual.

### Activitats vinculades:

- Control de comprensió
- Exercicis d'aplicació

### Dedicació: 23h

- Grup gran/Teoria: 7h 30m
- Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m
- Aprenentatge autònom: 13h

## TEMA 6: CICLES GENERADORS

### Descripció:

- 6.1. Cicles generadors de Rankine i de Brayton
- 6.2. Introducció a les substàncies refrigerants
- 6.3. Cicles d'absorció i adsorció

### Objectius específics:

- Definir els cicles generadors com a conjunt de processos termodinàmics que poden ésser estudiats amb l'ajut dels principis de la termodinàmica.
- Desenvolupar les particularitats dels cicles generadors amb compressió de vapor, turbina gas, absorció i adsorció.
- Reconèixer i avaluar l'impacte mediambiental que la utilització de les substàncies refrigerants genera en la societat actual.

### Activitats vinculades:

- Control de comprensió
- Exercicis d'aplicació

### Dedicació: 21h

- Grup gran/Teoria: 6h
- Grup mitjà/Pràctiques: 2h
- Aprenentatge autònom: 13h

## TEMA 7: TRANSMISSIÓ DE CALOR

### Descripció:

- 7.1 Relació de la Transmissió de calor i la Termodinàmica
- 7.2. Calor i temperatura
- 7.3. Formes de la transmissió de calor i els seus mecanismes físics
- 7.4. Transmissió de calor per conducció
- 7.5. Transmissió de calor per convecció
- 7.6. Transmissió de calor per radiació
- 7.7. Transmissió de calor combinada.

### Objectius específics:

- Reconèixer la diferència d'enfocament entre la Termodinàmica i la Transmissió de calor, així com la seva complementarietat.
- Reconèixer els mecanismes físics de la transmissió de calor en qualsevol fenomen.
- Identificar les propietats físiques associades als fenòmens de transmissió de calor.
- Aplicar les equacions fonamentals de la transmissió de calor en casos senzills de flux unidimensional.

### Activitats vinculades:

Control de comprensió  
Exercicis d'aplicació  
Proves d'avaluació

### Dedicació: 23h

Grup gran/Teoria: 7h 30m  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Aprenentatge autònom: 13h

## ACTIVITATS

### CONTROL DE COMPENSIÓ

### EXERCICIS D'APLICACIÓ

### PROVES D'AVALUACIÓ

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

---

- 1er examen, pes: 35%
- 2on examen, pes: 40%
- Treballs de classe / qüestionaris: 25%
- Els resultats poc satisfactoris de la part de problemes del 1r examen es podran reconduir mitjançant el 2n examen. A aquesta reconducció hi poden accedir els estudiants amb una nota inferior a 3.5 punts de la part de problemes del 1r examen i consistirà en una doble puntuació d'un seguit de preguntes de la part de problemes del 2n examen (clarament identificades) que permetran obtenir 3.5 punts si es responen correctament. La nota obtinguda per l'aplicació de la reconducció substituirà a la qualificació inicial de la part de problemes del 1r examen sempre i quan sigui superior.

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de re-avaluació, la qualificació de l'examen de re-avaluació substituirà les notes de tots els actes d'avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.

Si la nota final després de la re-avaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la re-avaluació és superior o igual a 5.0, la nota final de l'assignatura serà aprovat 5.0.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

---

- La prova d'avaluació (1r i 2n examen) contindrà teoria, amb preguntes de tipus test i/o de desenvolupament curt, i problemes. Per a cada prova, els pesos de la part de teoria i de problemes seran de 30% i 70% respectivament.
- La part de teoria de la prova d'avaluació es realitzarà sense cap recurs altre que paper i bolígraf. La part de problemes de la prova d'avaluació es podrà realitzar, a més, amb un formulari proporcionat pel professorat de l'assignatura i disponible a Atenea.
- Les proves es realitzaran en un temps màxim de 165 minuts.

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Rosas Casals, M.; Cendra Garreta, J.; Garrido Soriano, N. Apunts de termodinàmica tècnica. Terrassa: EET,
- Çengel, Yunus A.; Boles, Michael A. Termodinàmica [en línia]. 7ª ed. México: McGraw-Hill, 2009 [Consulta: 06/05/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=3214360>. ISBN 9786071507433.
- Çengel, Yunus A. Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico. 3a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2007. ISBN 9789701061732.
- Kreith, Frank; Bohn, Mark S. Principios de transferencia de calor. 6a ed. Madrid: International Thomson, 2002. ISBN 8497320611.
- Moran, Michael J.; Shapiro, Howard N. Fundamentos de termodinàmica tècnica, vol. 1 i 2 [en línia]. Barcelona: Reverté, 1993-1994 [Consulta: 05/11/2020]. Disponible a: [http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=7704](http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=7704). ISBN 8429141715.

### Complementària:

- Atkins, P. Las cuatro leyes del universo. Pozuelo de Alarcón: Espasa, 2008. ISBN 9788467028270.
- Van Ness, H.C. Understanding thermodynamics. New York: McGraw-Hill, 1969.