

## Guia docent

# 220282 - 220282 - Tecnologies de Màquines i Motors Tèrmics

Última modificació: 22/04/2021

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

**Unitat que imparteix:** 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2013). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2021

**Crèdits ECTS:** 7.5

**Idiomes:** Català

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Yolanda Calventus Solé

**Altres:** Àngel Comas Amengual - Joaquim Rigola Serrano  
Oliet Casasayas, Carles

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Termodinàmica

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

---

**Específiques:**

1. Coneixements i capacitat per a l'anàlisi dels processos de transferència de calor que permeten el disseny i càlcul de equips i aplicacions tèrmiques.
2. Coneixements i capacitat per al disseny i càlcul d'equips i instal·lacions frigorífiques (refrigeració i climatització).
3. Coneixements i capacitat per a l'anàlisi, disseny, càlcul i aplicacions de cicles de potència i motors tèrmics alternatius.

### METODOLOGIES DOCENTS

---

L'assignatura s'organitza en:

1.- Classes en grups grans: En aquestes classes es desenvolupen les classes de teoria, part de les classes de problemes i les avaluacions corresponents al 1er i 2on Parcial . S'utilitzarà el model expositiu que el professor cregui més convenient per assolir els objectius que s'han fixat a l'assignatura.

2.- Classes en grups petits: En aquesta activitat es desenvolupen les pràctiques de laboratori i es resolen problemes.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Conèixer en forma crítica els processos definitoris del disseny dels motors alternatius de combustió interna.

Analitzar, diagnosticar, i predir el comportament d'elements, equips i sistemes característics dels motors alternatius de combustió interna.

Escollir-los sota diferents restriccions (econòmiques i energètiques, mecàniques, ambientals)

Conèixer, modelitzar i simular els sistemes de renovació de la carrega, de regulació, d'encesa, d'expansió i d'escapament.

Procedir al disseny fluidodinàmic del motor: Admissió, moviment de la càrrega, alimentació del combustible, combustió, escapament.

Procedir al disseny mecànic del motor: Equilibrat, vibracions, soroll, regularitat, pèrdues mecàniques, lubricació, estanqueïtat. Auxiliars.

Procedir al disseny tèrmic del motor: Pèrdues tèrmiques. Refrigeració

Analitzar els bescanviadors de calor com un component bàsic de les màquines tèrmiques. Càlcul i anàlisi.

Anàlisi, disseny i caracterització de compressors.

Estudiar el cicle termodinàmic de refrigeració per absorció i per adsorció.

Anàlisi i càlcul de sistemes de refrigeració per compressió de vapor

Conèixer i saber treballar amb el motor Stirling com a màquina tèrmica directa i inversa

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	120,0	64.00
Hores grup gran	45,0	24.00
Hores grup petit	22,5	12.00

**Dedicació total:** 187.5 h

## CONTINGUTS

### Contingut 1: Tipus de motors i definició de paràmetres i variables de disseny i operació

#### Descripció:

1.1 Una introducció al motor de combustió: Tipus de motors

1.2 Paràmetres de disseny i operació

#### Objectius específics:

Introduir el diferents tipus de motors que es troben al mercat, al seu principi de funcionament. Introduir els paràmetres de disseny i operació dels motors, les definicions bàsiques i les relacions entre elles i a l'hora s'aprofita per introduir el valors que cal esperar que tindran en funció del tipus de motor.

#### Activitats vinculades:

Classes de teoria i classes de practiques

Es realitzarà la pràctica: "Des/muntatge de un motor de dos temps"

Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

#### Dedicació: 18h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 12h



## Contingut 2: Cinemàtica i dinàmica del motor

### Descripció:

- 2.1: Dinàmica del motor
- 2.2: Equilibrat
- 2.3 Vibracions de torsió i flexió

### Objectius específics:

Estudiar la cinemàtica i dinàmica del mecanisme biela - manovella del motor centrat i descentrat del motor alternatiu així com de altres mecanismes com pot ser el motor Wankel.

Analitzar el motor policilíndric en línia i en V i estudiar el equilibrat. Finalitzant el mòdul amb la introducció del estudi de les vibracions de torsió i flexió que sol·liciten el cigonyal i el seu dimensionat.

### Activitats vinculades:

Classes de teoria  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui .

### Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 4h  
Aprentatge autònom: 8h

## Contingut 3 : Arquitectura del motor

### Descripció:

- 3.1 Arquitectura del motor
- 3.2 Sistemes de lubricació y refrigeració

### Objectius específics:

Introduir els diferents motors i analitzar el seu comportament s'aborden les diferents configuracions utilitzades, les característiques metal·lúrgiques i mecàniques dels elements que constitueixen el motor.

Abordar els diferents sistemes de lubricació y refrigeració dels motors.

### Activitats vinculades:

Classes de teoria i classes de pràctiques  
Es realitzaran les pràctiques: "Des/muntatge de un motor Wankel", "Des/muntatge de un motor de quatre temps"  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

### Dedicació: 19h

Grup gran/Teoria: 3h  
Grup petit/Laboratori: 4h  
Aprentatge autònom: 12h



#### Contingut 4: Determinació de magnituds indicades i efectives

##### Descripció:

- 4.1 Cicles motors. Cicle aire combustible en llaç obert
- 4.2 Obtenció de magnituds indicades i efectives. Sistemes de mesura de variables
- 4.3 Magnituds efectives
- 4.4 Pèrdues mecàniques fricció

##### Objectius específics:

Introduir els elements constitutius una cadena de mesura del treball potencial que poden donar els gasos en el motor i la metodologia emprada.

Explicar els bancs de proves i les seves característiques d'actuació, la determinació experimental de las magnituds efectives. Analitzar els mètodes emprats per la determinació de les pèrdues per fricció i la seva modelització.

##### Activitats vinculades:

Classes de teoria i classes de pràctiques  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

##### Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 4h  
Aprentatge autònom: 8h

#### Contingut 5: Modelització de l'evolució seguida per el fluid motor

##### Descripció:

- 5.1 Alimentació dels motors: Carburació e injecció
- 5.2 Transmissió de calor
- 5.4 El sistema de distribució i el proses de renovació de la carga
- 5.5 Un model heurístic de la combustió progressiva i renovació de la carga:

##### Objectius específics:

Introduir i analitzar les característiques d'actuació dels equips necessaris en funció del tipus de motor, els sistemes de distribució més comuns per a la renovació de la càrrega

Introduir formes experimentals i empíriques per avaluar el bescanvi de calor.

Explicar com a colofó model heurístic per el cicle motor que constitueix un model embrionari del models habitualment utilitzats per els investigadors del àrea.

##### Activitats vinculades:

Classes de teoria i classes de pràctiques  
Es realitzaran les pràctiques: "Carburació e injecció de benzina", "El sistema de Encesa", "Obtenció de las característiques de injecció del sistema Mono-Jetronic"  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

##### Dedicació: 32h 45m

Grup gran/Teoria: 7h 30m  
Grup petit/Laboratori: 5h 15m  
Aprentatge autònom: 20h



## Contingut 6: Bescanviadors de calor

### Descripció:

- 6.1 Introducció. Definició, classificació i tipologia. Aspectes generals de disseny
- 6.2 Mètodes analítics de resolució sense canvi de fase. Exemples d'aplicació
- 6.3 Mètodes analítics de resolució amb canvi de fase. Condensadors i evaporadors
- 6.4 Tubs de calor (heat pipes). Concepte, fenomenologia i aplicacions

### Objectius específics:

Analitzar els bescanviadors de calor com un component important de les màquines tèrmiques. Càlcul i disseny.

### Activitats vinculades:

Classes de teoria i classes de problemes  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

### Dedicació: 31h 15m

Grup gran/Teoria: 6h  
Grup petit/Laboratori: 5h 15m  
Aprenentatge autònom: 20h

## Contingut 7: Sistemes de refrigeració per compressió de vapor

### Descripció:

- 7.1 Compressors. Definició, classificació i tipologia. Aspectes generals de disseny
- 7.2 Mètodes de càlcul pel disseny de compressors
- 7.3 Elements d'expansió. Definició, classificació i tipologia. Aspectes generals de disseny
- 7.4 Sistemes de refrigeració per compressió simple i les seves variants
- 7.5 Sistemes de refrigeració per compressió múltiple (doble etapa, cascada)
- 7.6 Ejectors, concepte, fenomenologia i aplicacions

### Objectius específics:

Anàlisi, caracterització i disseny de compressors.  
Anàlisi i disseny de sistemes de refrigeració per compressió de vapor

### Activitats vinculades:

Classes de teoria i problemes  
Sessió informativa-demostrativa de simulacions de sistemes de refrigeració amb Modèlica  
Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui.

### Dedicació: 22h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m  
Grup petit/Laboratori: 3h  
Aprenentatge autònom: 15h



### Contingut 8: Sistemes de refrigeració per absorció

**Descripció:**

8.1 Introducció: repàs de cicles bàsics i aspectes tecnològics

8.2 Anàlisi component a component del circuit d'absorció: absorbidors, generadors, condensadors, evaporadors, bescanviadors interns i sistemes auxiliars.

8.3 Estudi de la transferència de calor i massa en els bescanviadors de màquines d'absorció: revisió de les fenomenologies implicades i d'empirismes de càlcul.

8.4 Model zero-dimensional de càlcul de transferència de calor i massa simultània en absorbidors i generadors

**Objectius específics:**

Estudiar els bescanviadors dels sistemes de refrigeració per absorció i el seu càlcul

**Activitats vinculades:**

Classes de teoria i classes de problemes

Examen 1r parcial o 2n parcial segons correspongui

**Dedicació:** 9h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 5h

### Contingut 9: Sistemes de refrigeració per adsorció

**Descripció:**

9.1 Introducció: aspectes bàsics

9.2 Aspectes tecnològics

9.3 Disseny de cicles

9.4 Disseny de components

**Objectius específics:**

Estudiar el cicle termodinàmic de refrigeració per adsorció com a sistema alternatiu a la refrigeració per compressió i com a aplicació a la trigeneració

**Activitats vinculades:**

Classes de teoria i problemes

**Dedicació:** 9h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 5h

### Contingut 10: Motor tèrmic Stirling

**Descripció:**

10.1 Introducció. Definició, classificació i tipologia. Aspectes generals de disseny

10.2 Anàlisi termodinàmic del cicle ideal vs. cicle real: models, rendiments

**Objectius específics:**

Estudiar el motor Stirling com a màquina tèrmica directa o inversa industrial

**Activitats vinculades:**

Classes de teoria i problemes

Classes de pràctiques. Realització de la pràctica: "Motor Stirling"

**Dedicació:** 22h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 15h

## ACTIVITATS

### ACTIVITAT 1: CLASSES DE TEORIA

**Descripció:**

Metodologia en Grup gran  
Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiva i participativa  
La matèria de l'assignatura s'ha organitzat en 8 àrees temàtiques  
Es resoldran problemes amb tot el grup.

**Objectius específics:**

En finalitzar aquesta activitat ha de ser capaç de dominar els coneixements treballats, consolidar-los i aplicar-los correctament a problemes que impliquin situacions reals.

**Material:**

Bibliografia bàsica  
Apunts i llistat de problemes del professor, si aquest ho considera oportú  
Descripció del lliurement esperat i vincles amb l'avaluació.

**Lliurament:**

Aquesta activitat s'avalua amb el primer parcial i l'examen final.

**Dedicació:** 136h

Grup gran/Teoria: 41h  
Aprenentatge autònom: 95h

### ACTIVITAT 2: CLASSES DE PRÀCTIQUES

**Descripció:**

Metodologia grup petit  
Dels diferents continguts, es realitzaran pràctiques de laboratori així com en els continguts 6, 7, 8 també es resoldran en grup petit problemes que poden ser amb suport informàtic si s'escau.

**Objectius específics:**

En finalitzar aquesta activitat l'alumnat haurà de ser capaç de:

- Saber descriure les tasques realitzades
- Tractar les dades experimentals obtingudes i treure'n conclusions
- Elaborar un informe del treball realitzat

**Material:**

Bibliografia bàsica  
Enunciats de les activitats.

**Lliurament:**

Es realitzarà un informe d'aquesta activitat que serà avaluable.  
La qualificació de les pràctiques (NL) serà d'un 30% de la qualificació global de l'assignatura.

**Dedicació:** 47h 30m

Grup petit/Laboratori: 22h 30m  
Aprenentatge autònom: 25h



### ACTIVITAT 3: EXAMEN 1R PARCIAL

**Descripció:**

Desenvolupament de l'examen parcial de l'assignatura

**Objectius específics:**

Mostrar el nivell de coneixements assolit en els continguts corresponents.

**Material:**

Sense suport

**Lliurament:**

L'examen es resol sobre els fulls lliurats a l'inici de la prova

La qualificació d'aquesta activitat N1P val un 35% de la qualificació final de l'assignatura.

**Dedicació:** 2h

Grup gran/Teoria: 2h

### ACTIVITAT 4: EXAMEN 2N PARCIAL

**Descripció:**

Desenvolupament del 2n parcial de l'assignatura

En aquesta prova s'establirà el mecanisme per reconduir els alumnes que no hagin aprovat l'examen del primer parcial.

**Objectius específics:**

Mostrar el nivell de coneixements assolit en els continguts corresponents.

**Material:**

Sense suport.

**Lliurament:**

L'examen es resol sobre els fulls lliurats a l'inici de la prova

La qualificació d'aquesta activitat N2P val un 35% de la qualificació final de l'assignatura.

**Dedicació:** 2h

Grup gran/Teoria: 2h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Examen 1r Parcial N1P pes: 35%
- Examen 2n Parcial N2P pes: 35%
- Pràctiques: NL pes: 30%

En l'examen 2n parcial s'establirà el mecanisme per reconduir els alumnes que no hagin aprovat l'examen del primer parcial.

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de reavaluació, la qualificació de l'examen de reavaluació 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 reavaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la reavaluació 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.

- 1.- Els exàmens corresponents al primer parcial i segon parcial es faran sense utilitzar llibres, apunts o altre material docent, excepte, si s'escau d'un llibre de Taules i Gràfics o d'un formulari si el professor ho considera oportú
- 2.- Respecte a les pràctiques s'haurà d'entregar un informe que oportunament comunicarà el professor.





## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Hundy, G. F.; Trott A. R.; Welch, T. C. Refrigeration and air-conditioning [en línia]. 4th ed. Amsterdam; Boston: Butterworth Heinemann/Elsevier, 2008 [Consulta: 01/07/2016]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750685191>. ISBN 9780750685191.
- Herold, K. E.; Radermacher, R.; Klein, S. A. Absorption chillers and heat pumps. Boca Raton: CRC Press, 1996. ISBN 0849394279.
- Heywood, John B. Internal combustion engine fundamentals. New York [etc.]: McGraw-Hill, cop. 1988. ISBN 9780070286375.
- Li, Kam W. Applied thermodynamics: availability method and energy conversion. New York: Taylor & Francis, 1996. ISBN 1560323493.
- Walker, Graham [et al.]. The stirling alternative: power systems, refrigerants and heat pumps. Switzerland [etc.]: Gordon and Breach Science Publishers, 1997. ISBN 2881246001.
- Shah, R. K. ; Sekulic, D. P. Fundamentals of heat exchanger design. New York, [etc.]: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0471321710.
- Organ, Allan J. The regenerator and the stirling engine. London: Mechanical Engineering Publications, 1997. ISBN 1860580106.
- Thomas, W. J.; Crittenden, B. Adsorption technology and design [en línia]. Oxford; Boston: Butterworth-Heinemann, 1998 [Consulta: 01/07/2016]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750619592>. ISBN 9780750619592.
- Stone, Richard. Introduction to internal combustion engines. 2nd ed. London: Macmillan, 1992. ISBN 978-0333550847.
- Ferguson, Colin R. Internal combustion engines: applied thermosciences. New York: John Wiley & Sons, cop. 1986. ISBN 9780471881292.
- Carreras Planells, R.; Comas Amengual, A.; Calvo Larruy, A. Motores de combustión interna: fundamentos. 2a ed. Barcelona: Edicions UPC, 1994. ISBN 9788476534014.
- Haywood, Richard Wilson. Ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración. 2ª ed. México [etc.]: Limusa, cop. 1999. ISBN 9789681857981.
- Moran, Michael J.; Shapiro, Howard N. Fundamentals of engineering thermodynamics. 8th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2014. ISBN 9781118412930.