



Universitat de Lleida

GUIA DOCENT  
**MÀQUINES TÈRMiques I  
HIDRÀULIQUES**

Coordinació: MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM

Any acadèmic 2022-23

## Informació general de l'assignatura

<b>Denominació</b>	MÀQUINES TÈRMiques I HIDRÀULIQUES				
<b>Codi</b>	14524				
<b>Semestre d'impartició</b>	1R Q(SEMESTRE) AVALUACIÓ CONTINUADA				
<b>Caràcter</b>	<b>Grau/Màster</b>	<b>Curs</b>	<b>Caràcter</b>	<b>Modalitat</b>	
	Màster Universitari en Enginyeria Industrial	2	OBLIGATÒRIA	Presencial	
<b>Nombre de crèdits assignatura (ECTS)</b>	6				
<b>Tipus d'activitat, crèdits i grups</b>	<b>Tipus d'activitat</b>	PRACAMP	PRALAB	PRAULA	TEORIA
	<b>Nombre de crèdits</b>	0.2	0.2	2.6	3
	<b>Nombre de grups</b>	1	1	1	1
<b>Coordinació</b>	MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM				
<b>Departament/s</b>	ENGINYERIA AGROFORESTAL				
<b>Distribució càrrega docent entre la classe presencial i el treball autònom de l'estudiant</b>	Activitat presencial (60 %) Treball autònom (40 %)				
<b>Informació important sobre tractament de dades</b>	Consulteu <a href="#">aquest enllaç</a> per a més informació.				
<b>Idioma/es d'impartició</b>	Idioma Percentatge d'ús Català 50.0 Anglès 0.0 Castellà 50.0				

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	
MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM	joaquim.monserrat@udl.cat	3	

## Informació complementària de l'assignatura

L'assignatura té dos blocs docents ben diferenciats, un gira al voltant de les màquines de fluids incompressibles, (MAQUINES HIDRAULIQUES : Bombes i Turbines ) i l'altre al voltant de les màquines de fluids compressibles, (MAQUINES TERMÍQUES : Motors de combustió interna i Turbines de vapor i gas), amb 3 crèdits ECTS cadascun d'ells.

Per cursar aquesta assignatura són necessaris coneixements d'Enginyeria hidràulica i de Termodinàmica

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

- Bata laboratori blava 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>

### **Informació sobre la transmissió i l'enregistrament de dades personals dels docents i dels estudiants de la Universitat de Lleida arran de la impartició de docència en instal·lacions de la UdL i a distància**

La Universitat de Lleida informa que, en funció dels canvis a què es vegi obligada d'acord amb les instruccions de les autoritats sanitàries, les disposicions de la UdL o l'assegurament de la qualitat de la docència, pot transmetre, enregistrar i usar la imatge, la veu o, si s'escau, l'entorn físic triat pels docents i pels alumnes, amb l'objectiu d'impartir la docència en instal·lacions de la UdL o a distància.

Al seu torn, encoratja les persones afectades perquè, en el cas de la docència a distància, triïn els espais que menys incidència tinguin en la seua intimitat.

I, en general, es recomana optar preferentment per les interaccions en el xat o sense activar la càmera, quan no es duguin a terme activitats docents que per les seues característiques exigeixin una interacció oral o visual.

El responsable de l'enregistrament i l'ús d'aquestes dades personals és la Universitat de Lleida –UdL– (dades de contacte del representant: Secretaria General. Plaça de Víctor Siurana, 1, 25003 Lleida; [sg@udl.cat](mailto:sg@udl.cat); dades de contacte del delegat de protecció de dades: [dpd@udl.cat](mailto:dpd@udl.cat)).

Aquestes dades personals s'utilitzaran exclusivament per a les finalitats inherents a la docència de l'assignatura. En particular, l'enregistrament compleix les funcions següents:

- Oferir la possibilitat d'accedir als continguts en línia i, si s'escau, a mode de formació asíncrona.
- Garantir l'accés als continguts als estudiants que, per raons tecnològiques, personals o de salut, entre d'altres, no hi hagin pogut participar.
- Constituir un material d'estudi per a la preparació de l'avaluació.

Resta absolutament prohibit l'ús de les dades transmeses i dels enregistraments per a altres finalitats, o en àmbits aliens al Campus Virtual, on romandran arxivats, de conformitat amb la política de propietat intel·lectual i industrial de tots els continguts inclosos en webs propietat de la UdL.

En cas que n'hi hagin, els enregistraments es conservaran durant el temps que decideixi qui imparteix l'assignatura, d'acord amb criteris estrictament acadèmics, i, a tot estirar, s'han d'eliminar al final del curs acadèmic actual, en els termes i condicions previstes en la normativa sobre conservació i eliminació dels documents administratius de la UdL, i les taules d'avaluació documental aprovades per la Generalitat de Catalunya (<http://www.udl.cat/ca/serveis/arxiu/>).

Aquestes dades personals són imprescindibles per impartir la docència en l'assignatura, i la definició dels procediments de docència, en especial la que es fa a distància, és una potestat de la UdL en el marc del seu dret d'autonomia universitària, com preveuen l'article 1.1 i l'article 33.1 de la Llei orgànica 6/2001, de 21 de desembre, d'universitats. Per aquest motiu, la UdL no necessita el consentiment de les persones afectades per transmetre'n o enregistrar-ne la veu, la imatge i, si s'escau, l'entorn físic que hagin triat, amb aquesta exclusiva finalitat, d'impartir la docència en l'assignatura.

La UdL no cedirà les dades a tercers, llevat dels casos estrictament previstos en la Llei. Les persones afectades poden accedir a les seues dades; sol·licitar-ne la rectificació, supressió o portabilitat; oposar-se al tractament i sol·licitar-ne la limitació, sempre que sigui compatible amb les finalitats de la docència, mitjançant un escrit tramès a l'adreça [dpd@udl.cat](mailto:dpd@udl.cat). També poden presentar una reclamació adreçada a l'Autoritat Catalana de Protecció de Dades, mitjançant la seua electrònica de l'Autoritat (<https://seu.apd.cat>) o per mitjans no electrònics.

## Objectius acadèmics de l'assignatura

Es presentarà el ventall de Màquines tèrmiques i Hidràuliques que tenen a l'abast i els criteris per seleccionar la mes adient per diferents situacions. Els objectius concrets seran :

- Conèixer el principi de funcionament dels diferents tipus de màquines tèrmiques i hidràuliques
- Saber seleccionar màquines tèrmiques i hidràuliques per diferents aplicacions
- Saber regular màquines tèrmiques i hidràuliques quan varien els requeriments
- Saber protegir enfront anomalies de funcionament (cavitació, embalament i sobrepressions)

## Competències

Competències Bàsiques:

- CB4. Saber comunicar les conclusions -i els coneixements i raons últimes que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats

Competències Generals EPS:

- CG1. Capacitat de planificació i organització del treball personal.
- CG3. Capacitat de transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- CG4. Capacitat de concebre, dissenyar i implementar projectes i / o aportar solucions noves, utilitzant eines pròpies de l'enginyeria.

Competències Específiques segons Ordre CIN / 311/2009, de 9 de febrer:

- CE5. Coneixements i capacitats per al disseny i anàlisi de màquines i motors tèrmics, màquines hidràuliques i instal·lacions de calor i fred industrial.

Competències Transversals UdL:

- CT1. Correcció en l'expressió oral escrita.
- CT2. Domini d'una llengua estrangera.

## Continguts fonamentals de l'assignatura

### Bloc I: MAQUINES HIDRAULIQUES, (MH)

#### Programa de Teoria

#### Capítol 1. Introducció a les turbomàquines.

- 1.1 Màquines de fluids. Classificació.
- 1.2 Màquines rotodinàmiques o turbomàquines.
- 1.3 Classificació de les turbomàquines segons la compresibilitat del fluid.
- 1.4 Turbomàquines tèrmiques i hidràuliques.

#### Capítol 2. Intercanvi d'energia entre el rodet i el fluid.

- 2.1 Primera forma de l'equació d'Euler: Teorema del moment cinètic.
- 2.2. Equació d'Euler per a bombes, ventiladors i turbocompressors.
- 2.3 Equació d'Euler per a turbines hidràuliques, turbines de vapor i turbines de gas.
- 2.4 Triangles de velocitats. Segona forma de l'equació d'Euler.
- 2.5 Grau de reacció.

**Capítol 3. Pèrdues, salts energètics, potències i rendiments en les turbomàquines hidràuliques**

- 3.1 Límits d'entrada i sortida de les turbomàquines hidràuliques.
- 3.2 Salt energètic en la màquina o altura entre límits.
- 3.3 Altura neta de les turbines i l'altura manomètrica de les bombes.
- 3.4 Classificació i estudi de les pèrdues, (hidràuliques, volumètriques i mecàniques).
- 3.5 Rendiments. Potències.

**Capítol 4. Les bombes i el seu comportament**

- 4.1 Classificació de les bombes.
- 4.2 Parts constitutives de les bombes.
- 4.3 Comportament teòric d'una bomba.
- 4.4 Corbes característiques reals d'una bomba centrífuga.
- 4.5 L'encebament de bombes instal·lades en aspiració.
- 4.6 L'arrencada en bombes
- 4.7 La regulació del cabal.
- 4.8 La cavitació en bombes. Cop d'ariet.

**Capítol 5. Particularitats de les turbines hidràuliques.**

- 5.1 Turbines d'acció i de reacció: elements característics.
- 5.2 Turbines Pelton.
- 5.3 Turbines Francis i Kaplan.
- 5.4 Equació del tub d'aspiració.
- 5.5 Regulació de turbines.
- 5.6 Velocitats sincrònica i d'embalament.
- 5.7 Cavitació en turbines. Cop d'ariet.

**Capítol 6. Semblança en turbomaquines hidràuliques**

- 6.1 Fenòmens semblants i teoria de models. Grups adimensionals.
- 6.2 Lleis de semblança de les bombes hidràuliques.
- 6.3 Lleis de semblança de les turbines hidràuliques.
- 6.4 Classificació de les Turbomàquines pel seu nombre de voltes específic.

**Capítol 7. Variació de velocitat en bombes. Retallada del rodet.**

- 7.1 Assaig complet d'una bomba: Corbes característiques.
- 7.2 Utilització pràctica de les lleis de semblança.
- 7.3 Variació de la velocitat de gir.
- 7.4 Retallada del rodet.
- 7.5 Acoblament de bombes
- 7.6 Selecció de la bomba o del sistema de bombament més adequat

### **Capítol 8. Assajos en laboratori de les turbines.**

- 8.1 Corbes característiques de les turbines hidràuliques
- 8.2 Corbes universals en variables reduïdes.
- 8.3 Corbes d'isorendiment
- 8.4 Fórmules de transformació de rendiments
- 8.5 Corbes d'explotació de les turbines

### **Capítol 9. Regulació de les bombes i de les estacions de bombament**

- 9.1 Introducció. Torres i dipòsits a pressió.
- 9.2 Regulació amb vàlvula en sèrie i en paral·lel
- 9.3 Injecció directa a la xarxa amb bombes de velocitat fixa, BVF.
- 9.4 Característiques planes i verticals.
- 9.5 Estacions de bombament equipades amb bombes de velocitat variable, BVV.
- 9.6 Mètodes de regulació amb BVV
- 9.7 Comparació del cost energètic amb diferents tipus de regulació del bombament.

### **Capítol 10. Estudi de transitoris hidràulics**

- 10.1 Introducció: Cop d'ariet en bombes i en turbines
- 10.2 Anàlisi de transitoris. Equacions. Model rígid i model elàstic
- 10.3 Dispositius per al control dels transitoris: Calderines. Xemeneies d'equilibri

### **Pràctiques de Laboratori** (A realitzar en el laboratori d'Enginyeria Hidràulica)

Caracterització de bombes centrífugues:

- Trobar les corbes característiques d'una bomba (Alçada manomètrica, Potència, NPSH i Rendiment)
- Trobar la associació de bombes mes adient per una certa demanda .
- Comparar la regulació de les bombes mitjançant vàlvula i mitjançant variador de freqüència.

- Millora del rendiment amb dipòsits hidropneumàtics

### Visites tècniques

Al llarg del curs es realitzarà una visita a una estació de bombament.

## **Bloc II: MAQUINES TÈMIQUES, (MT)**

### **Programa de Teoria.**

#### Capítol 0. Màquines tèrmiques: Una visió general.

#### Capítol 1. Motor de combustió interna alternatiu (MCIA).

#### Capítol 2. Turbines de vapor (TV).

#### Capítol 3. Turbines de gas (TG).

### Visites tècniques

Al llarg del curs s'intentarà realitzar una visita a una instal·lació de cogeneració i a una altra amb turbina de gas.

## **Eixos metodològics de l'assignatura**

S'utilitzaran les següents metodologies

### **Classes magistrals:**

A les classes magistrals s'exposen els continguts de l'assignatura de forma oral per part d'un professor o professora sense la participació activa de l'alumnat.

### **Resolució de problemes:**

A l'activitat de resolució de problemes, el professorat presenta una qüestió complexa que l'alumnat ha de resoldre, ja sigui treballant individualment, o en equip.

### **Pràctiques:**

Permeten aplicar, a nivell pràctic, la teoria a un context concret.

### **Visita a instal·lacions**

Activitat en grup dirigida pel professorat consistent en anar a veure una instal·lació per obtenir informació directa que afavoreixi el procés d'aprenentatge.

## **Pla de desenvolupament de l'assignatura**



Setmana	Metodologia	Temari	H. presencials	H. treball autònom	Professor
1 - 4	Classe magistral Resolució de problemes Pràctiques	Bombes	14	21	J. Monserrat
5 - 7	Classe magistral Resolució de problemes	Turbines i Cop d'ariet	10	15	J. Monserrat
8 - 11	Classe magistral Resolució de problemes	Motors combustio interna	14	21	A. Castell
12- 15	Classe magistral Resolució de problemes	Turbines de vapor	12	18	A. Castell

## Sistema d'avaluació

Objectius	Activitat avaluació	Criteris	%	Dates	O/V (1)	I/G (2)	Observacions
Maquines hidrauliques	Examen escrit Activitats Practiques		40 5 5	Setmana 9	O	I	
Màquines tèrmiques	Examen escrit Exercicis/Activitats		40 10	Setmana 16 Continuada	O	I	

(1) Obligatoria / Voluntaria

(2) Individual / Grupal

Es necessita una nota minima de 4 a cada part per poder promitjar

Nota Final = Nota Maq. Hidrauliques \* 0.5 + Nota Maq Termiques \* 0.5

## Bibliografia i recursos d'informació

### Bibliografia bàsica, MH

- **Cabrera, E.; Espert, V.; García Serra, J.; Martínez, F.; Andrés, M.; García, M.** (1996). Ingeniería Hidráulica. (Aplicada a los sistemas de distribución de agua).Volumenes I y II, Universidad Politécnica de Valencia.
- **Mataix, Claudio.** (2009). Turbomáquinas Hidráulicas. (Turbinas hidráulicas, Bombas y Ventiladores). Universidad de Comillas. ICAI. Madrid.
- **Mataix, Claudio.** (1986). Mecánica de fluidos y Máquinas hidráulicas. Universidad de Comillas ICAI. Madrid
- **Gulich, JF.** 2004. Centrifugal pumps (llibre electronic)

### Bibliografia complementària, MH

- **Abreu, J.M.; Guarga, R.; Izquierdo, J.;** (1995) Transitorios y Oscilaciones.

(En sistemas hidráulicos a presión). Unidad Docente de Mecánica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia.

- **Bosser, J.** (1995). Vademecum de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. C.P.D.A.-E.T.S.1.I.B.Barcelona.
- **Comolet, R.** (1963). Mécanique Experimentale des Fluides. Tome II. Dynamique des fluides réels, Turbomachines. Masson et Cie. Editeurs.
- **Karassik, I.J.; Carter, R.** (1978). Bombas Centrifugas. Compañía Editorial Continental
- **Pfleiderer, G.** (1960). Bombas Centrifugas y Turbocompresores. Editorial Labor.
- **Stepanoff, M.** (1965). Pumps et Blowers. Wiley & Sons.
- **Soler, M.** (2005). Manual de Bombas para Fluidos. ATEMPS. Grafica Minerva.
- **Troskolanski, A.T.** (1961). Les Turbopompes. Theorie, Tracé, Construction. Ed. Eyrolles.
- **Viejo Zubicaray, M.** (1975).Bombas. Teoría, Diseño y Aplicaciones. Editorial Limusa.
- **Vallarino, E.** (1974). Obras Hidráulicas. (III. Maquinaria). ETSICCP. Madrid

#### **Bibliografía básica, MT**

- **Mataix, Claudio.**(2000). Turbomáquinas Térmicas. (Turbinas de vapor, Turbinas de gas y Turbocompresores). Universidad de Comillas. ICAI. Madrid.
- **Alvarez, Jesús Andrés; Callejón, Ismael** (2002). Máquinas térmicas motoras,(I y II). Edicions UPC.
- **Heywood, John B.** (1988). Internal combustion engine fundamentals. Ed. McGraw Hill.
- **Giacosa, Dante** (2000). Motores endotérmicos. Ed. Omega/14ª edición.
- **Reynolds, William; Perkins, Henry.** Ingeniería termodinámica. Ed. McGraw Hill.
- **Lecuona, Antonio.** Turbomáquinas. Ed. Ariel.
- **Cherkasski, Vladimir M.** Bombas, ventiladores, compresores. Ed. Mir.
- **Payri, Francisco; Desantes, Jose María.** Motores de combustión interna alternativos. Ed. Reverté.
- **Taylor, Charles F.** The internal combustion engine in theory and practice. Ed. The MIT Press.
- **Garcia, Santiago; Fraile, Diego.** Cogeneración. Ed. Diaz de Santos.