



Universitat de Lleida

GUIA DOCENT
**MÀQUINES TÈRMiques I
HIDRÀULIQUES**

Coordinació: MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM

Any acadèmic 2017-18

Informació general de l'assignatura

Denominació	MÀQUINES TÈRMiques I HIDRÀULIQUES			
Codi	14524			
Semestre d'impartició	1R Q(SEMESTRE) AVALUACIÓ CONTINUADA			
Caràcter	Grau/Màster	Curs	Caràcter	Modalitat
	Màster Universitari en Enginyeria Industrial	2	OBLIGATÒRIA	Presencial
Nombre de crèdits ECTS	6			
Grups	1GG			
Crèdits teòrics	2			
Crèdits pràctics	4			
Coordinació	MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM			
Departament/s	ENGINYERIA AGROFORESTAL			
Distribució càrrega docent entre la classe presencial i el treball autònom de l'estudiant	Activitat presencial (60 %) Treball autònom (40 %)			
Informació important sobre tractament de dades	Consulteu aquest enllaç per a més informació.			
Idioma/es d'impartició	Idioma Percentatge d'ús Català 50.0 Anglès 0.0 Castellà 50.0			
Horari de tutoria/lloc	Prof. J. Monserrat Dimarts de 16 a 18 h, ETSEA, E4.2.01 Divendres de 10 a 12 h			

Professor/a (s/es)	Adreça electrònica professor/a (s/es)	Crèdits impartits pel professorat	Horari de tutoria/lloc
BARRAGAN FERNANDEZ, JAVIER D.	barragan@eagrof.udl.cat	1	Al finalitzar la classe o a concertar amb el professor.
GRACIA PEREZ, ENRIQUE	egracia@eagrof.udl.cat	3	Al finalitzar la classe o a concertar amb el professor.
MONSERRAT VISCARRI, JOAQUIM	monserrat@eagrof.udl.cat	2	Al finalitzar la classe o Despatx, 4.2.01 ETSEA, Dimarts i dijous de 16 a 18h

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 son 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>

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 varia la càrrega
- 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 Turbomaquines 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'exploació 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 (sèrie o paral·lel) 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 alguna visita a estacions de bombament i de turbines.

Bloc II: MAQUINES TERMiques, (MT)

Programa de Teoria.

Capítol 0. Màquines tèrmiques: Una visió general.

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

1.1 Principis de funcionament.

1.2. Paràmetres característics.

1.3 Dels cicles ideals als cicles indicats.

1.4 Potències i rendiments.

1.5 Encès, combustió i combustibles per a motors Otto i Dièsel.

1.6 Renovació de la càrrega i sobrealimentació.

1.7 Prestacions i corbes característiques.

1.8 Emissions contaminants.

Capítol 2. Turbines de vapor (TV).

2.1 Classificació fonamental de les turbines de vapor.

2.2 Grau de reacció.

2.3 Pèrdues i rendiments.

2.4 Equació d'Euler particularitzada a les TMT's.

- Triangle de velocitats.
- 1^a forma de l'equació d'Euler en TMT's.
- 2^a forma de l'equació d'Euler en TMT's.
- Rendiment intern.

2.5 Turbines d'acció.

- Triangles teòrics de velocitats.
- Rendiment intern i condicions teòriques de disseny.
- Triangles reals de velocitats.
- Rendiment intern i condicions reals de disseny.
- Escalonaments de velocitat en turbines d'acció.
- Escalonaments de pressió en turbines d'acció.

2.6 Turbines de reacció.

- Triangles teòrics de velocitats.
- Rendiment intern i condicions teòriques de disseny.
- Rendiment intern real.

2.7 Comparació entre turbines d'acció i turbines de reacció.

- Nombre d'escalonaments.
- Tipus de pèrdues.
- Embranzida axial.

2.8 Limitació de la potència en turbines de vapor.

2.9 Tendències actuals.

Capítol 3. Turbines de gas (TG).

3.1 Elements constructius de les TG's.

3.2 Tipus de TG's. Classificació.

3.3 Compressor. Tipus.

3.4 Cambra de combustió

- Tipologies de cambres de combustió.
- Estabilitat de la flama.
- Aportació de combustible.
- Sistemes d'ignició.
- Arrencada de la TG.

3.5 TG's de flux radial i de flux axial.

3.6 TG's p/propulsió d'avions.

- Turborreactor.
- Turboventilador.
- Turbohélice o turboeje.
- Influència de la velocitat de l'avió.
- Inversors d'embranchada.
- Contaminació acústica.

3.7 Regulació de potència.

Capítol 4. Una aplicació pràctica: Cogeneració.

4.1 Tipologies.

4.2 Avaluació tècnic-econòmica i característiques d'aquestes instal·lacions.

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 i configurar, a nivell pràctic, la teoria d'un àmbit de coneixement en 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. Barragan
8 - 11	Classe magistral Resolució de problemes	Motors combustio interna	14	21	E. Gracia
12- 15	Classe magistral Resolució de problemes	Turbines de vapor	12	18	E. Gracia

Sistema d'avaluació

Objectius	Activitat avaluació	Criteris	%	Dates	O/V (1)	I/G (2)	Observacions
Bombes	Examen escrit Activitats Practiques		18 2 10	setmana 6	O	I	
Turbines i Cop d'ariet	Examen escrit Activitats		15 5	setmana 9	O	I	
Màquina tèrmiques	Examen escrit		50	setmana 15	O	I	

(1) Obligatoria / Voluntaria

(2) Individual / Grupal

Es necessita una nota mínima de 3,5 a cada part per poder promitjar

Bibliografia i recursos d'informació

Bibliografia bàsica, MH

- **Mataix, C.** (2009). Turbomàquines Hidràuliques. (Turbines hidràuliques, Bombes y Ventiladores). Universidad de Comillas. ICAI. Madrid.
- **Mataix, C.** (1986). Mecànica de fluids y Màquines hidràuliques. Universidad de Comillas ICAI. Madrid
- **Cabrera, E.; Espert, V.; García Serra, J.; Martínez, F.; Andrés, M.; García, M.** (1996). Ingeniería Hidráulica. (Aplicada a los sistemas de distribución de agua). Volúmenes I y II, Universidad Politécnica de Valencia.

Bibliografia complementària, MH

- **Abreu, J.M.; Guarga, R.; Izquierdo, J.;** (1995) Transitorios y Oscilaciones.
(En sistemas hidràulicos a presión). Unidad Docente de Mecànica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia.
- **Bosser, J.** (1995). Vademecum de Mecànica de Fluidos y Màquines Hidràulicas. 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 Hidràulicas. (III. Maquinaria). ETSICCP. Madrid

Bibliografia bàsica, MT

- **Mataix, C.** (2000). Turbomàquines Térmicas. (Turbines de vapor, Turbines de gas y

Turbocompresores). Universidad de Comillas. ICAI. Madrid.

- **Alvarez J.A.; Callejón I.**(2002). Máquinas térmicas motoras,(I y II). Edicions UPC.
- **Heywood, J.B.** (1988). Internal combustion engine fundamentals.

Ed. McGraw Hill.

- **Giacosa, D.** (2000). Motores endotérmicos. Ed. Omega/14ª edición.
- **Reynolds & Perkins.** Ingeniería termodinámica. Ed. McGraw Hill.
- **Lecuona, A.**Turbomáquinas. Ed. Ariel.
- **Cherkasski, V.M.** Bombas, ventiladores, compresores. Ed. Mir.
- **Payri, F & Desantes. J.M.** Motores de combustión interna alternativos. Ed. Reverté.
- **Taylor C.F.** The internal combustion engine in theory and practice. Ed. The MIT Press.
- **Garcia S. & Fraile D.** Cogeneración. Ed. Diaz de Santos.