

## Guia docent

### Identificació de l'assignatura

<b>Assignatura / Grup</b>	22420 - Màquines Elèctriques / 5
<b>Titulació</b>	Grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica - Tercer curs
<b>Crèdits</b>	6
<b>Període d'impartició</b>	Segon semestre
<b>Idioma d'impartició</b>	Català

### Professors

Professor/a	Horari d'atenció als alumnes					
	Hora d'inici	Hora de fi	Dia	Data d'inici	Data de fi	Despatx / Edifici
Jaume Verd Martorell <i>Responsable</i> <a href="mailto:jaume.verd@uib.es">jaume.verd@uib.es</a>	15:00	16:00	Dimarts	09/09/2019	07/02/2020	F-305 (Mateu Orfila)
Salvador Barceló Adrover <a href="mailto:salva.barcelo@uib.es">salva.barcelo@uib.es</a>	Cal concertar cita prèvia amb el/la professor/a per a fer una tutoria					

### Contextualització

L'assignatura **Màquines Elèctriques** pertany al mòdul *Comú Industrial* de l'Ordre Ministerial CIN/351/2009 (BOE 20 de febrer de 2009) on s'estableixen els requisits per a la verificació de títols universitaris oficials que habilitin per a l'exercici de la professió d'Enginyer Tècnic Industrial. És tracta d'una de les tres assignatures obligatòries de la matèria denominada *Sistemes de Potència*, juntament amb les assignatures de *Electrotècnia* i *Electrònica de Potència* ubicades al primer semestre del tercer curs del pla d'estudis d'EEIyA de la UIB.

A través d'aquesta assignatura, els alumnes tenen la primera presa de contacte amb les màquines elèctriques, i per tant, desenvolupa els coneixements bàsics dins la temàtica dels sistemes de potència necessaris per la formació en EEIyA a fi de poder-los ampliar posteriorment a través d'altres assignatures o d'utilitzar-los en el seu exercici professional.

L'aprenentatge dels principis de funcionament i experimentació pràctica amb diverses màquines elèctriques, fa que aquesta assignatura sigui un pilar bàsic indispensable per obtenir una base teòrica i pràctica completa en aquesta matèria. Els coneixements adquirits són d'utilitat en l'estudi de diferents temàtiques com control de màquines elèctriques, sistemes industrials de potència, energies renovables o automatització industrial i robòtica entre d'altres.

#### Professorat:

- \* **Salvador Barceló Adrover** (Enginyer en Telecomunicacions i Doctor en Enginyeria Electrònica per la UIB) és professor de l'àrea de Tecnologia Electrònica. Té experiència professional en l'àmbit de l'enginyeria i és investigador del Grup de Sistemes Electrònics.
- \* **Jaume Verd Martorell** (Doctor en Enginyeria Electrònica per la Universitat Autònoma de Barcelona) és professor Titular d'Universitat dins l'àrea de Tecnologia Electrònica i investigador del Grup de Sistemes

## Guia docent

Electrònics. Ha impartit docència des del 2001 a la UAB i a la UIB en diversos estudis d'Enginyeria i de Física. Té reconeguts tres quinquenis de docència i tres sexenis d'investigació.

### Requisits

Encara que en el pla d'estudis no s'estableixen requisits formals, és molt recomanable haver seguit la programació temporal que apareix en el pla d'estudis.

#### Recomanables

És recomana haver cursat les assignatures de *Teoria de Circuits*, *Electrònica de Potència* i *Electrotècnia* abans de matricular-se de l'assignatura *Màquines Elèctriques*.

### Competències

#### Específiques

- \* Coneixement i utilització dels principis de teoria de circuits i màquines elèctriques (E10)

#### Genèriques

- \* Capacitat per treballar en equip inclús si aquest és multilingüe i multidisciplinar (T7)
- \* Capacitat per resoldre problemes aplicant els coneixements a la pràctica (T10)

#### Bàsiques

- \* Podeu consultar les competències bàsiques que l'estudiant ha d'haver assolit en acabar el grau a l'adreça següent: [http://estudis.uib.cat/ca/grau/comp\\_basiques/](http://estudis.uib.cat/ca/grau/comp_basiques/)

### Continguts

Els continguts es divideixen en tres grans blocs, el primer dedicat als fonaments físics i tecnològics de les màquines elèctriques, un segon específic de màquines elèctriques rotatives i finalment un bloc de laboratori per a l'experimentació amb diferents màquines elèctriques.

#### Continguts temàtics

0. Presentació de l'assignatura
  - \* Sentit de l'assignatura en el Pla d'Estudis.
  - \* Objectius i organització de l'assignatura.
  - \* Metodologia docent i avaluació.
  - \* Cronograma.

#### BLOC I. Fonaments de les màquines elèctriques

1. Aspectes generals de les màquines elèctriques
  - \* Introducció
  - \* Classificació de les màquines elèctriques.
  - \* Aspectes industrials

## Guia docent

- \* Caracterització dels motors.
- 2. Principis de funcionament de les màquines elèctriques
  - \* Camp magnètic i circuits magnètics.
  - \* Lley d'inducció de Faraday (Lenz): força electromotriu.
  - \* Forces i tensions induïdes en un conductor.
  - \* Exemple d'aplicació: la màquina lineal DC
- 3. Transformadors de potència
  - \* Principi de funcionament
  - \* Generalitats i aspectes constructius.
  - \* Potència i valors nominals.
  - \* Transformador real en buit i en càrrega.
  - \* Circuit equivalent i determinació dels paràmetres.
  - \* Pèrdues i rendiment.
  - \* Acoplament en paral·lel de transformadors monofàsics.
  - \* Transformadors especials.
  - \* Transformador trifàsic de potència.

### BLOC II. Màquines Elèctriques Rotatives

- 4. Fonaments de la conversió electromecànica d'energia
  - \* Màquina rotativa elemental: conversió d'energia.
  - \* Elements bàsics d'una màquina elèctrica rotativa.
  - \* Característiques de les màquines clàssiques.
  - \* Balanç energètic: eficiència.
  - \* Camp magnètic a l'entreferro i força magnetomotriu.
  - \* Forces electromotrius induïdes en els debanats.
- 5. Màquines de corrent continu
  - \* Generalitats
  - \* Principi de funcionament
  - \* Generadors de CC
  - \* Motors de CC
- 6. Màquines asíncrones
  - \* Generalitats
  - \* Circuit equivalent monofàsic
  - \* Balanç de potències
  - \* Assajos i determinació de paràmetres
  - \* Corba parell-velocitat
  - \* Disseny del rotor: control de les característiques
  - \* Arrancada: mètodes
  - \* Frenat de motors d'inducció
  - \* Introducció al control clàssic de motors d'inducció
  - \* Motor d'inducció monofàsic
- 7. Màquines síncrones
  - \* Introducció.
  - \* Generador síncron: principi de funcionament.
  - \* La màquina síncrona com a motor.

### BLOC III. Laboratori de Màquines Elèctriques

- PL1. Anàlisi de transformadors
  - \* Estudi i anàlisi de transformadors amb el simulador PSIM.
- PL2. Caracterització d'un motor de CC
  - \* Anàlisi amb PSIM.
  - \* Caracterització experimental amb mòduls ALECOP.

## Guia docent

- PL3. Caracterització d'un motor d'inducció
- \* Anàlisi amb PSIM.
  - \* Caracterització experimental amb mòduls ALECOP.

### Metodologia docent

Activitats de treball presencial (2,4 crèdits, 60 hores)

Modalitat	Nom	Tip. agr.	Descripció	Hores
Classes teòriques	Classes Magistral	Grup gran (G)	Mitjançant el mètode expositiu el professor establirà els fonaments teòrics així com l'exemplificació pràctica dels diferents temes que constitueixen l'assignatura. El professor, si troba pertinent, pot utilitzar diferents metodologies per tal de fomentar i augmentar la participació activa de l'alumnat.  Finalitat: adquirir les competències E10.	27
Classes pràctiques	Classes de Problemes	Grup mitjà (M)	Mitjançant el mètode de resolució d'exercicis i problemes s'aplicaran els fonaments teòrics a casos concrets i s'interpretaran els resultats obtinguts. A tal fi, els alumnes disposaran d'una col·lecció de problemes que el professor resoldrà en part i principalment a la pissarra.  Finalitat: adquirir les competències E10, T10.	11
Classes pràctiques	Projectes de Laboratori	Grup mitjà 2 (X)	Els alumnes, constituïts en diferents grups de 3 alumnes, realitzaran 7 sessions de 2 hores pels diferents projectes de laboratori (PL1, PL2 i PL3) sota la supervisió del professor. Aquestes sessions permetran complementar i aplicar els conceptes teórico-pràctics exposats dins l'aula mitjançant l'experimentació amb diferents màquines elèctriques.  S'exigeix una preparació prèvia de cada una de les sessions mitjançant la lectura i estudi del guió de laboratori corresponent, fent èmfasi en la introducció teòrica, els exercicis preparatoris i la seva relació amb els temes tractats durant les classes teòriques.  S'exigirà de forma individual a l'inici de la primera sessió corresponent (PL1, PL2 i PL3) l'entrega de les qüestions o exercicis previs que s'indiquin als guions de laboratori.  Finalitat: adquirir les competències E10, T7, T10.	14
Tutories ECTS	Avaluació contínua	Grup mitjà (M)	Aquestes classes es destinaran a activitats centrades en l'alumne amb la finalitat de realitzar un seguiment i avaluació contínua del seu procés d'aprenentatge. El professor durant el semestre proposarà una sèrie de problemes per entregar en la sessió de Tutories ECTS corresponent (4 sessions de 1 hora).  Durant aquestes 4 sessions, el professor resoldrà a la pissarra el problema prèviament proposat i el alumnes el corregiran utilitzant tècniques de co-avaluació entre parells on un alumne determinat corregeix l'examen d'un altre.  Finalitat: adquirir les competències E10, T10.	4

## Guia docent

Modalitat	Nom	Tip. agr.	Descripció	Hores
Avaluació	Qüestionari Global	Grup gran (G)	<p>Es realitzarà una prova final escrita global, d'una durada aproximada de 1 hora, durant el període d'avaluació complementari per tal d'avaluar si l'alumne ha adquirit i sap aplicar els conceptes teoricopràctics desenvolupats a l'assignatura.</p> <p>Aquesta prova final tindrà el format de qüestionari tipus test amb tres alternatives de resposta on les qüestions plantejades abarcaran absolutament tots els continguts de l'assignatura: conceptes teòrics i aplicats així com relacionades amb les activitats de laboratori desenvolupades.</p> <p>Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>	1
Avaluació	Exàmens de Problemes	Grup gran (G)	<p>Es realitzaran dos exàmens de problemes durant el curs corresponent aproximadament a les dues meitats del temari de l'assignatura. Aquestes proves tendran una durada aproximada de 90 minuts i consistiran en la resolució de problemes per part dels alumnes de forma individual amb la finalitat de realitzar un seguiment i avaluació contínua del seu procés d'aprenentatge.</p> <p>* El primer examen (EP1) es realitzarà durant el període lectiu ordinari, mentre que el segon (EP2) es realitzarà durant el període d'avaluació complementari.</p> <p>* Les dues parts (EP1 i EP2) es podran recuperar durant el període d'avaluació extraordinari.</p> <p>Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>	3

A començament del semestre hi haurà a disposició dels estudiants el cronograma de l'assignatura a través de la plataforma UIBdigital. Aquest cronograma inclourà almenys les dates en què es faran les proves d'avaluació contínua i les dates de lliurament dels treballs. A més, el professor o la professora informará els estudiants si el pla de treball de l'assignatura es durà a terme a través del cronograma o per una altra via, inclosa la plataforma Aula digital.

### Activitats de treball no presencial (3,6 crèdits, 90 hores)

Modalitat	Nom	Descripció	Hores
Estudi i treball autònom individual	Estudi i resolució de problemes	<p>Es contempla principalment la realització de les següents activitats:</p> <p>*) Estudi dels diferents conceptes teòrics exposats principalment durant les classes de teoria: profundització en la matèria exposada pel professor durant les classes magistrals, desenvolupament si cal d'una part de la teoria relacionada amb el tema corresponent, etc.</p> <p>*) Treball individual d'aplicació pràctica dels conceptes teòrics: resolució dels diferents problemes proposats pel professor, resolució i anàlisi dels diferents problemes inclosos en la col·lecció de problemes, realització si correspon d'activitats complementaries proposades en la intranet (Campus Extens), lectura del guió i realització dels càlculs i/o qüestions prèvies de les diferents pràctiques de laboratori, etc.</p> <p>Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>	60

## Guia docent

Modalitat	Nom	Descripció	Hores
Estudi i treball autònom en grup	Informes de pràctiques	Contempla principalment la finalització del projectes de laboratori fora de les sessions presencials (p.e. simulacions de màquines elèctriques amb PSIM) així com l'elaboració de l'informe corresponent a cada un dels projectes de laboratori (PL1, PL2 i PL3).  Finalitat: adquirir les competències E10, T7, T10.	30

### Riscs específics i mesures de protecció

Degut a la naturalesa de les pràctiques que es desenvoluparan al laboratori, una incorrecta utilització, manipulació i/o muntatge dels sistemes elèctrics/electrònics de potència i de màquines elèctriques (mòduls didàctics del fabricant ALECOP) poden exposar a l'alumnat a diferents riscos de segurerat. Aquests riscos inclouen principalment els contactes elèctrics, accidents amb màquines elèctriques i cremades tèrmiques.

Per tant, és molt important seguir les següents indicacions per tal de minimitzar els riscos anteriorment esmentats:

- \* Respectar les normes generals del Laboratori d'Electrònica de l'EPS en totes les activitats que es desenvolupin en aquest espai.
- \* Utilitzar única i exclusivament el material previst al laboratori de potència i indicat per la realització de les diferents pràctiques (cables de connexions, aparellatge elèctric, equips de mesura, etc.).
- \* Seguir les indicacions dels professors de pràctiques i dels guions corresponents alhora de realitzar els diferents muntatges elèctrics i/o experiments.

*Per a la realització de les pràctiques s'utilitzaran diferents mòduls comercials del fabricant ALECOP que garanteix el seu caràcter didàctic i la seguretat d'aquests. Els manuals d'aquests mòduls es troben a disposició de l'alumnat dins el laboratori de potència.*

### Avaluació de l'aprenentatge dels estudiants

S'obindrà una qualificació numèrica entre 0 i 10 punts per a cada activitat avaluativa, la qual serà ponderada segons el seu pes indicat a fi d'obtenir la qualificació global de l'assignatura.

Cal realitzar almenys els dos Exàmens de Problemes i el Qüestionari Global per tal que a les actes de qualificacions aparegui com a "Presentat" amb la qualificació corresponent. En qualsevol altre cas, apareixerà com a "No Presentat".

Tant el Qüestionari Global com la part corresponent als Exàmens Parcial es realitzaran conjuntament el dia i hora fixada pels exàmens finals dins el període d'avaluació complementari o extraordinari si escau.

- \* Durant el període lectiu ordinari es realitzarà l'EP1 i durant el període complementari l'EP2 i el Qüestionari Global.
- \* En la convocatòria extraordinària es podran recuperar tant el Qüestionari Global com els Exàmens de Problemes (EP1 i EP2). En tot cas, els EP1 i EP2 no són recuperables per separat i es realitzarà un únic examen global de recuperació que englobarà les dues parts.

Per superar l'assignatura s'hauran de complir dues condicions indispensables:

- a) Obtenir un mínim de 5 punts en la suma ponderada de totes les activitats d'avaluació previstes.

## Guia docent

b) Obtenir almenys 5 punts en la suma ponderada dels Exàmens de Problemes i del Qüestionari Global amb una nota mínima de 4 en cada part. Aquestes proves (que són individuals, presencials i recuperables) suposen el 45% de la nota de l'assignatura.

Si es compleix la primera condició però no la segona, s'assignarà la qualificació de "suspès" amb una nota numèrica de 4.5 punts tal i com especifica la normativa.

Finalment, és important remarcar l'especificat a l'article 32 del Reglament Acadèmic de la UIB respecte al frau en l'avaluació (<https://seu.uib.cat/fou/acord/102/10273.html>) que especifica: "*Article 32. Frau: Amb independència del procediment disciplinari que es pugui seguir contra l'estudiant infractor, la realització demostradorament fraudulenta d'alguna de les activitats d'avaluació incloses en l'avaluació d'alguna assignatura comportarà, segon les circumstàncies, una menysvaloració en la seva qualificació que, en els casos més greus, pot arribar a la qualificació de «suspens» (0,0) a la convocatòria anual. En particular, es considera un frau la inclusió en un treball de fragments d'obres alienes presentats de tal manera que es facin passar com a propis de l'estudiant*". Així, el fet que un estudiant cometi frau en l'avaluació es considerarà com una falta greu i, per tant, es prendran les mesures acadèmiques i disciplinàries pertinents.

### Frau en elements d'avaluació

D'acord amb l'article 33 del Reglament acadèmic, "amb independència del procediment disciplinari que es pugui seguir contra l'estudiant infractor, la realització demostradorament fraudulenta d'alguns dels elements d'avaluació inclosos en guies docents de les assignatures comportarà, a criteri del professor, una menysvaloració en la seva qualificació que pot suposar la qualificació de «suspens 0» a l'avaluació anual de l'assignatura".

### Projectes de Laboratori

Modalitat	Classes pràctiques
Tècnica	Proves de resposta breu ( <b>no recuperable</b> )
Descripció	Els alumnes, constituïts en diferents grups de 3 alumnes, realitzaran 7 sessions de 2 hores pels diferents projectes de laboratori (PL1, PL2 i PL3) sota la supervisió del professor. Aquestes sessions permetran complementar i aplicar els conceptes teòrico-pràctics exposats dins l'aula mitjançant l'experimentació amb diferents màquines elèctriques. S'exigeix una preparació prèvia de cada una de les sessions mitjançant la lectura i estudi del guió de laboratori corresponent, fent èmfasi en la introducció teòrica, els exercicis preparatoris i la seva relació amb els temes tractats durant les classes teòriques. S'exigirà de forma individual a l'inici de la primera sessió corresponent (PL1, PL2 i PL3) l'entrega de les qüestions o exercicis previs que s'indiquin als guions de laboratori. Finalitat: adquirir les competències E10, T7, T10.
Criteris d'avaluació	Realització i entrega (individual) de les qüestions o exercicis previs indicats en el guió corresponent (PL1, PL2 i PL3).  Adequació dels procediments utilitzats per a la realització del projecte i exactitud dels resultats obtinguts així com la correcció de les interpretacions i raonaments emesos.  Només s'acceptarà l'entrega del qüestionari previ fins 10 minuts després de l'inici de la sessió corresponent en la data fixada al cronograma.

Percentatge de la qualificació final: 10%

### Avaluació continua

Modalitat	Tutories ECTS
Tècnica	Sistemes d'autoavaluació ( <b>no recuperable</b> )
Descripció	Aquestes classes es destinaran a activitats centrades en l'alumne amb la finalitat de realitzar un seguiment i avaluació continua del seu procés d'aprenentatge. El professor durant el semestre proposarà una sèrie de

## Guia docent

	<p>problemes per entregar en la sessió de Tutories ECTS corresponent (4 sessions de 1 hora). Durant aquestes 4 sessions, el professor resoldrà a la pissarra el problema prèviament proposat i el alumnes el corregiran utilitzant tècniques de co-avaluació entre parells on un alumne determinat corregeix l'examen d'un altre. Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>
Críteris d'avaluació	<p>Adequació dels procediments utilitzats per a la resolució dels problemes proposats i exactitud dels resultats obtinguts. El professor, a part de resoldre el problema a la pissarra, fixarà un protocol d'avaluació que permetrà optimitzar la correcció del problema a partir d'uns criteris comuns i objectius.</p> <p>Així mateix, el professor pot seleccionar una mostra del total dels problemes realitzats i corregits pels alumnes a fi de comprovar la correcta avaluació d'aquests. En el cas de trobar incorreccions manifestes i notables en l'avaluació, l'alumne avaluador en qüestió serà penalitzat mitjançant la reducció de la seva nota.</p>

Percentatge de la qualificació final: 15%

### Qüestionari Global

Modalitat	Avaluació
Tècnica	Proves objectives ( <b>recuperable</b> )
Descripció	<p>Es realitzarà una prova final escrita global, d'una durada aproximada de 1 hora, durant el període d'avaluació complementari per tal d'avaluar si l'alumne ha adquirit i sap aplicar els conceptes teòricopràctics desenvolupats a l'assignatura. Aquesta prova final tindrà el format de qüestionari tipus test amb tres alternatives de resposta on les qüestions plantejades abarcaran absolutament tots els continguts de l'assignatura: conceptes teòrics i aplicats així com relacionades amb les activitats de laboratori desenvolupades. Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>
Críteris d'avaluació	Percentatge de les respostes correctes amb penalització de les respostes incorrectes.

Percentatge de la qualificació final: 15% amb qualificació mínima 4

### Exàmens de Problemes

Modalitat	Avaluació
Tècnica	Proves de resposta llarga, de desenvolupament ( <b>recuperable</b> )
Descripció	<p>Es realitzaran dos exàmens de problemes durant el curs corresponent aproximadament a les dues meitats del temari de l'assignatura. Aquestes proves tendran una durada aproximada de 90 minuts i consistiran en la resolució de problemes per part dels alumnes de forma individual amb la finalitat de realitzar un seguiment i avaluació contínua del seu procés d'aprenentatge. *El primer examen (EP1) es realitzarà durant el període lectiu ordinari, mentre que el segon (EP2) es realitzarà durant el període d'avaluació complementari.*Les dues parts (EP1 i EP2) es podran recuperar durant el període d'avaluació extraordinari. Finalitat: adquirir les competències E10, T10.</p>
Críteris d'avaluació	<p>Adequació dels procediments utilitzats per a la resolució dels problemes proposats i exactitud dels resultats obtinguts. També es valorarà la correcció de les interpretacions i raonaments emesos a l'hora de resoldre el problema.</p>

Percentatge de la qualificació final: 30% amb qualificació mínima 4



## Guia docent

### Informes de pràctiques

Modalitat	Estudi i treball autònom en grup
Tècnica	Informes o memòries de pràctiques ( <b>no recuperable</b> )
Descripció	Contempla principalment la finalització del projectes de laboratori fora de les sessions presencials (p.e. simulacions de màquines elèctriques amb PSIM) així com l'elaboració de l'informe corresponent a cada un dels projectes de laboratori (PL1, PL2 i PL3). Finalitat: adquirir les competències E10, T7, T10.
Criteris d'avaluació	Estructura de l'informe, redacció i ús adequat del llenguatge tècnic, adequació dels càlculs teòrics i simulacions realitzats, exactitud dels resultats experimentals obtinguts, adequació de les interpretacions i conclusions referents als resultats obtinguts i a les qüestions plantejades.  S'avaluaran per separat els tres informes (PL1, PL2 i PL3) d'acord amb els criteris anteriors. A més, la nota de cada informe es ponderarà per un factor (FA) que dependrà del percentatge d'assistència a les sessions corresponenta a cada pràctica. $FA = (0.7 * A / 100 + 0.3)$ , on A és l'assistència en %

Percentatge de la qualificació final: 30%

### Recursos, bibliografia i documentació complementària

#### Bibliografia bàsica

- \* J.R. Cogdell, "Fundamentos de máquinas eléctricas", Ed. Prentice Hall, 2002.
- \* A.E. Fitzgerald, C. Kingsley, S.D. Umans, "Máquinas eléctricas (6ª edición)", Ed. McGraw Hill, 2004..

#### Bibliografia complementària

- \* Jesús Fraile Mora, "Máquinas eléctricas (6ª edición)", Ed. McGraw Hill, 2008.
- \* S.J. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals (4th edition)", Ed. McGraw Hill, 2005.

#### Altres recursos

S'utilitzarà l'aplicació Campus Extens per posar a disposició del alumnes el diferent material que el professorat cregui oportú, com per exemple: presentacions de les classes teòriques, col·leccions de problemes, guions de pràctiques, material didàctic adicional, etc.

Els alumnes podran utilitzar Campus Extens per realitzar tutories virtuals o consultes diverses a través de les eines disponibles en aquesta plataforma.

