

## PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2020/2021

Identificación y características de la asignatura													
Código	401504	Créditos ECTS	6										
Denominación (español)	Propulsión Eléctrica y Almacenamiento de Energía												
Denominación (inglés)	Electric Powertrain and Energy Storage												
Titulaciones	Máster Universitario en Ingeniería Industrial												
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales												
Semestre	3º	Carácter	Optativa										
Módulo	Optatividad												
Materia	Redes Eléctricas Inteligentes												
Profesor/es													
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web										
María Isabel Milanés Montero	D2.10	<a href="mailto:milanes@unex.es">milanes@unex.es</a>	AVUEX										
Enrique Romero Cadaval	D2.6	<a href="mailto:eromero@unex.es">eromero@unex.es</a>	AVUEX										
Área de conocimiento	Ingeniería Eléctrica y Tecnología Electrónica												
Departamento	Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática												
Profesor coordinador (si hay más de uno)	María Isabel Milanés Montero												
Competencias* (ver tabla en <a href="http://bit.ly/competenciasMUJI">http://bit.ly/competenciasMUJI</a> )													
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias EC y EFM (I)	Marcar con una "X"	Competencias ET (II)	Marcar con una "X"	Competencias EG (III)	Marcar con una "X"	Competencias EI (IV)	Marcar con una "X"
CB6	X	CG1	X	CT1	X	CEC1		CET1		CEG1		CEI1	
CB7	X	CG2	X	CT2	X	CEFM1		CET2		CEG2		CEI2	
CB8	X	CG3		CT3	X			CET3		CEG3		CEI3	
CB9	X	CG4	X	CT4	X			CET4		CEG4		CEI4	
CB10	X	CG5	X	CT5	X			CET5		CEG5		CEI5	
		CG6		CT6	X			CET6		CEG6		CEI6	
		CG7		CT7	X			CET7		CEG7		CEI7	
		CG8	X	CT8	X			CET8		CEG8			
		CG9	X	CT9	X								
				CT10	X								
				CT11	X								
				CT12	X								
				CT13	X								
CEC: Competencias específicas complementarias CET: Competencias específicas de tecnologías industriales													

\*Los apartados relativos a competencias, breve descripción del contenido, actividades formativas, metodologías docentes, resultados de aprendizaje y sistemas de evaluación deben ajustarse a lo recogido en la memoria verificada del título.

CEG: Competencias específicas de gestión  
 CEI: Competencias específicas de instalaciones, plantas y construcciones complementarias  
 CEFM: Competencias específicas de fin de máster

Competencias EM1	Marcar con una "X"	Competencias EM2	Marcar con una "X"	Competencias EM3	Marcar con una "X"	Competencias EM4	Marcar con una "X"	Competencias EM5	Marcar con una "X"	Competencias EM6	Marcar con una "X"
CEM1.1		CEM2.1		CEM3.1		CEM4.1		CEM5.1		CEM6.1	
CEM1.2		CEM2.2		CEM3.2		CEM4.2		CEM5.2		CEM6.2	
CEM1.3		CEM2.3		CEM3.3		CEM4.3		CEM5.3		CEM6.3	
CEM1.4		CEM2.4		CEM3.4		CEM4.4	X	CEM5.4		CEM6.4	
CEM1.5		CEM2.5		CEM3.5		CEM4.5	X	CEM5.5		CEM6.5	
		CEM2.6		CEM3.6				CEM5.6		CEM6.6	
								CEM5.7			
								CEM5.8			

CEM1: Competencias de especialidad: tecnologías de producción  
 CEM2: Competencias de especialidad: organización industrial  
 CEM3: Competencias de especialidad: energías renovables y eficiencia energética  
 CEM4: Competencias de especialidad: redes eléctricas inteligentes  
 CEM5: Competencias de especialidad: mecatrónica  
 CEM6: Competencias de especialidad: gestión integral de proyectos de innovación

## Contenidos

Sistemas electrónicos de potencia y técnicas para el control de motores. Aplicación a vehículos eléctricos. Infraestructura de carga y descarga para vehículos eléctricos. Técnicas de almacenamiento de energía. Comportamiento eléctrico de carga y descarga.

### Temario de la asignatura

Denominación del tema 1: **ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE CORRIENTE ALTERNA (18 h)**

Contenidos del tema 1 (8 h):

1. Introducción a los accionamientos eléctricos.
2. Convertidores estáticos de potencia para accionamientos de corriente alterna.
3. Regulación de una máquina eléctrica de corriente alterna.
  - a. Control escalar
  - b. Control vectorial
4. Control de máquinas síncronas de imanes permanentes superficiales.
5. Control vectorial de máquinas asíncronas de jaula de ardilla.

Descripción de las actividades prácticas del tema 1:

**Práctica de informática INF1: Simulación del control de un motor síncrono de imanes permanentes superficiales.** Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de informática INF2: Simulación del control de un motor asíncrono de jaula de ardilla.** Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de laboratorio LAB1: Accionamiento eléctrico para una máquina de corriente alterna.** Duración: 2 horas (1 sesión).

**Seminario de problemas SEM1.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Seminario de problemas SEM2.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

Denominación del tema 2: **PROPULSIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (12 h)**

Contenidos del tema 2 (6 h):

1. Movilidad eléctrica.
2. Tecnologías aplicadas al vehículo eléctrico.

3. Sistemas de tracción eléctrica en vehículos eléctricos.
4. Accionamientos eléctricos para vehículos eléctricos.

Descripción de las actividades prácticas del tema 2:

**Práctica de informática INF3: Simulación propulsión eléctrica de un vehículo eléctrico.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de laboratorio LAB2: Propulsión de Vehículos Eléctricos.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Seminario de problemas SEM3.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

Denominación del tema 3: **ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (16 h)**

Contenidos del tema 3 (8 h):

1. Tecnologías de almacenamiento.
2. Estrategias de almacenamiento.
3. Análisis de sistemas de control de carga.
4. Función del almacenamiento y optimización del sistema eléctrico.
5. Accionamientos eléctricos para vehículos eléctricos.

Descripción de las actividades prácticas del tema 3:

**Práctica de informática LAB3: Ensayo y modelado de baterías.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de laboratorio LAB4: Estudio de sistemas de gestión de carga.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de laboratorio INF4: Análisis de operación de sistema de almacenamiento de energía en sistema eléctrico.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Seminario de problemas SEM4.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

Denominación del tema 4: **SISTEMA DE ENERGÍA Y GESTIÓN DE VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA RED ELÉCTRICA (11 h)**

Contenidos del tema 4 (5 h):

1. Dimensionamiento del sistema de almacenamiento de un vehículo eléctrico.
2. Infraestructura de carga. Tipos de carga.
3. Integración activa del vehículo eléctrico en la red: Vehicle to Grid (V2G)
4. Agregador. Gestor de carga.

Descripción de las actividades prácticas del tema 4:

**Práctica de informática INF5: Simulación de estrategias V2G.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Práctica de laboratorio LAB5: Análisis de infraestructura de carga.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

**Seminario de problemas SEM5.**

Duración: 2 horas (1 sesión).

Actividades formativas*								
Horas de trabajo del alumno por tema		Horas teóricas	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	PCH	LAB	ORD	SEM	TP	EP
1	42	8		2	4	4		24
2	31	6		2	2	2		19
3	40	8		4	2	2		24
4	28	5		2	2	2		17
<b>Evaluación **</b>	9	3						6
<b>TOTAL</b>	150	30		10	10	10		90

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).

PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)

SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

### Metodologías docentes\*

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Clase magistral. Exposición de contenidos por parte del profesor.	X
2. Sesiones de trabajo utilizando metodología del caso.	X
3. Sesiones de trabajo en el aula para la resolución de ejercicios.	X
4. Desarrollo de prácticas en espacios con equipamiento especializado (laboratorios, aulas de informática, trabajo de campo).	X
5. Visitas técnicas a instalaciones.	X
6. Desarrollo, redacción y análisis, individualmente o en grupo, de trabajos, memorias, ejercicios, problemas, y estudios de caso, sobre contenidos y técnicas, teóricos y prácticos, relacionados con la materia.	X
7. Pruebas, exámenes, defensas de trabajos, prácticas, etc. Pudiendo ser orales o escritas e individuales o en grupo.	X
8. Estudio del alumno. Preparación y análisis individual de textos, casos, problemas, etc.	X
9. Formación en TICs y desarrollo de habilidades comunicativas (orales, escritas, multimedia).	X
10. Aprendizaje fuera del aula, basado en la vinculación entre formación académica y experiencias empresariales o profesionales.	X
11. Aprendizaje supervisado y tutelado por el profesor para, a través de la interacción individual entre alumno y tutor, detectar posibles problemas del proceso formativo, conocer los resultados del aprendizaje fuera del escenario del aula y programar los procesos de trabajo del alumno en actividades no presenciales como memorias, trabajo fin de master, preparación de la defensa del mismo, etc.	X

\*\* Indicar el número total de horas de evaluación de esta asignatura.

### Resultados de aprendizaje\*

Ser capaz de diseñar sistemas electrónicos de potencia para el control de motores y conocer las técnicas de control.

Conocer el control de sistemas de propulsión de vehículos eléctricos.

Conocer el comportamiento de carga y descarga de baterías utilizadas en vehículos eléctricos y de la infraestructura eléctrica necesaria para ello.

Conocer las principales técnicas de almacenamiento de energía: fundamentos, ventajas, limitaciones, aplicaciones y comportamiento eléctrico de carga y descarga.

### Sistemas de evaluación\*

#### Criterios de evaluación

1.- El alumno es capaz de diseñar sistemas electrónicos de potencia para el control de motores de corriente alterna y conocer las técnicas de control (CEM4.4, CB6-CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CG8, CG9, CT1-CT13).

2.- El alumno conoce el control de sistemas de propulsión de vehículos eléctricos (CEM4.4, CB6-CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CG8, CG9, CT1-CT13).

3.- El alumno conoce el comportamiento de carga y descarga de baterías utilizadas en vehículos eléctricos y de la infraestructura necesaria para ello (CEM4.4, CEM4.5, CB6-CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CG8, CG9, CT1-CT13).

4.- El alumno conoce las principales técnicas de almacenamiento de energía: fundamentos, ventajas, limitaciones, aplicaciones y comportamiento eléctrico de carga y descarga (CEM4.5, CB6-CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CG8, CG9, CT1-CT13).

5.- El alumno es capaz de manejar la instrumentación y material de laboratorio previstos en las prácticas de la asignatura y demostrar conocimiento de los programas de simulación que se utilicen en las prácticas de informática de la asignatura (CEM4.4, CEM4.5, CB6-CB10, CG1, CG2, CG4, CG5, CG8, CG9, CT1-CT13).

#### Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global
1. Exámenes (examen final y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios).	0%–100% <sup>(1)</sup> 0%–80% <sup>(2)</sup>	80%	80%	80%
2. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo.	0%–80%	20% NO RECUPERABLE	20% NO RECUPERABLE	20%
3. Asistencia y aprovechamiento, en las clases, prácticas y otras actividades presenciales.	0%–20%			
4. Presentación y defensa de trabajos y memorias propuestos.	0% <sup>(1)</sup> 0%–30% <sup>(2)</sup>			

<sup>(1)</sup> Asignaturas del módulo *Tecnologías Complementarias*.

<sup>(2)</sup> Resto de asignaturas.

## **Descripción de las actividades de evaluación**

### **EVALUACIÓN CONTINUA**

**ACTIVIDAD 1 (RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria):

**Prueba final-Examen escrito (80% de la nota final)**

El examen escrito constará de 2 partes:

1. Propulsión eléctrica
2. Almacenamiento de energía

Cada parte, que constará de cuestiones teóricas y/o prácticas, se calificará entre 0 y 10 puntos. Podrá hacerse media entre las partes a partir de una calificación no inferior a 4 puntos, siendo necesaria, una nota media de **5 puntos para superar este examen.**

**ACTIVIDAD 2 (NO RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria. La calificación obtenida en la convocatoria ordinaria será sumada a la nota final de la convocatoria extraordinaria):

**Entrega de memorias de prácticas y actividades propuestas (20% de la nota final)**

Las memorias de prácticas de laboratorio/informática y la entrega de actividades propuestas a lo largo del cuatrimestre serán calificadas entre 0 y 10 puntos, contribuyendo con un **20%** en la calificación final de la asignatura.

Los alumnos que no superen la actividad 1, tendrán como nota final de la asignatura el mínimo entre 4 y la calificación obtenida en la actividad 1.

### **EVALUACIÓN GLOBAL**

La evaluación global tendrá lugar el mismo día asignado al examen final de cada convocatoria por la Subdirección de Ordenación Académica de la E.II.II. Constará de las siguientes pruebas:

**ACTIVIDAD 1 (RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria):

**Prueba final-Examen escrito (80% de la nota final)**

El examen escrito constará de 2 partes:

1. Propulsión eléctrica
2. Almacenamiento de energía

Cada parte, que constará de cuestiones teóricas y/o prácticas, se calificará entre 0 y 10 puntos. Podrá hacerse media entre las partes a partir de una calificación no inferior a 4 puntos, siendo necesaria, una nota media de **5 puntos para superar este examen.**

**ACTIVIDAD 2 (RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria):

**Prueba de laboratorio/informática (20% de la nota final)**

Prueba consistente en el montaje de una práctica similar a las realizadas en el laboratorio o aula de informática a lo largo del curso y la resolución de una memoria técnica sobre la práctica. Esta prueba se calificará entre 0 y 10 puntos según la aptitud demostrada y contribuirá con un **20%** en la calificación final de la asignatura. Será necesario obtener una calificación igual o superior a **5 puntos para superar esta prueba.**

Los alumnos que no superen la actividad 1 o la actividad 2, tendrán como nota final de la asignatura el mínimo entre 4 y la calificación obtenida a partir de las actividades 1 y 2 valoradas con su correspondiente ponderación.

## Bibliografía (básica y complementaria)

### **Bibliografía básica**

FRAILE MORA, J., "Máquinas eléctricas", 5ª Edición , Mc-Graw-Hill, 2003.  
 LEONHARD, W., "Control of electrical drives", Springer Verlag, 1996.  
 N. MOHAN, N., UNDELAND, T. M., ROBBINS W.P., "Electrónica de potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño", 3ª Edición, Mc-Graw-Hill, 2009  
 NAM, K. H., "AC motor control and Electric Vehicle applications", CRC Press 2010.  
 ZOBAA, A. F. "Energy Storage - Technologies and Applications", ISBN 978-953-51-0951-8, Published: January 23, 2013 under CC BY 3.0 license. © The Author(s). Openaccess: <http://www.intechopen.com/books/energy-storage-technologies-and-applications/techno-economic-analysis-of-different-energy-storage-technologies>  
 RAJAKARUNA, S., SHAHNIA, F., GHOSH, A. "Plug In Electric Vehicles in Smart Grids", Springer, 2015.

### **Bibliografía complementaria**

J.M.D. MURPHY, F.G. TURNBULL, "Power Electronic Control of A.C. Motors", Pergamon Press, 1988.  
 JURGEN, R. K., "Electric and Hybrid-Electric Vehicles - Engines and Powertrains". SAE International, 2010.  
 TER-GARCIA, A., "Energy Storage for Power Systems, 2nd Edition", IET Digital Library, 2011.  
 LU, J., HOSSAIN J., "Vehicle-to-Grid: Linking Electric Vehicles to the Smart Grid", IET Digital Library, 2015

## Otros recursos y materiales docentes complementarios

<http://movilidadelectronica.com/>  
<http://aedive.es/>  
<http://education.greenemotion-project.eu/library.aspx>  
<http://www.cencenelec.eu/standards/Sectors/Transport/ElectricVehicles/Pages/default.aspx>  
[http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/vehicles/road/electric\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/vehicles/road/electric_en.htm)  
<https://mitei.mit.edu/research/transformations/energy-storage>  
<http://v2g-101.webs.com/>