# GUÍA DOCENTE

## DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA

Denominación: **MÁQUINAS ELÉCTRICAS**
Código: 101311
Plan de estudios: **GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA** Curso: 3
Denominación del módulo al que pertenece: OBLIGATORIO TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
Materia: MÁQUINAS ELÉCTRICAS
Carácter: OBLIGATORIA
Duración: PRIMER CUATRIMESTRE
Créditos ECTS: 4.5
Horas de trabajo presencial: 45
Porcentaje de presencialidad: 40.0%
Horas de trabajo no presencial: 68
Plataforma virtual: Moodle

## DATOS DEL PROFESORADO

Nombre: ZAMORA SALIDO, JOSE (Coordinador)
Departamento: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y AUTOMÁTICA
Área: INGENIERÍA ELÉCTRICA
Ubicación del despacho: Leonardo Da Vinci
E-Mail: el1zasaj@uco.es Teléfono: 609240073

Nombre: RUIZ VELA, EDUARDO
Departamento: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y AUTOMÁTICA
Área: INGENIERÍA ELÉCTRICA
Ubicación del despacho: Leonardo Da Vinci
E-Mail: el1ruvee@uco.es Teléfono: 957218474

## REQUISITOS Y RECOMENDACIONES

**Requisitos previos establecidos en el plan de estudios**

Ninguno

**Recomendaciones**

Ninguna especificada

## COMPETENCIAS

| | |
|---|---|
| CB2 | Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas en el campo de la Ingeniería Eléctrica. |
| CB4 | Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado. |
| CU2 | Conocer y perfeccionar el nivel de usuario en el ámbito de las TIC. |
| CEE1 | Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas. |

# GUÍA DOCENTE

## OBJETIVOS

Comprensión de los principios de funcionamiento y aplicaciones de los convertidores electromecánicos de energía, haciendo especial hincapié en transformadores y máquinas eléctricas rotativas.
Aportar contenidos formativos conducentes a la obtención de un certificado de aptitud profesional en Inspección de Instalaciones Eléctricas emitido por la empresa SGS, mejorando así el currículum del alumnado perteneciente a la titulación del Grado en Ingeniería Eléctrica.

## CONTENIDOS

**1. Contenidos teóricos**

TEMA I: Fundamentos sobre generación transporte y distribución de energía eléctrica
1.1. Datos históricos.
1.2. La energía eléctrica.
1.3. La red eléctrica.
1.4. Las centrales eléctricas.
1.5. Convertidores electromecánicos de energía. Las máquinas eléctricas.
1.5.1. Los transformadores.
1.5.2. Las máquinas eléctricas rotativas.
TEMA II: Aspectos y propiedades industriales de las máquinas eléctricas
2.1. Clase de aislamiento.
2.2. Grado de protección.
2.3. Placa de características.
2.4. Códigos de refrigeración I: transformadores.
2.5. Códigos de refrigeración II: motores.
2.6. Clase de servicio.
TEMA III: Leyes fundamentales del electromagnetismo
3.1. Leyes de los circuitos magnéticos.
3.2. Ley de Faraday.
3.3. Fuerza y par electromagnético.
3.4. Circuito magnético ideal con excitación constante.
3.4.1. Efecto del entrehierro en el circuito magnético.
3.4.2. Efecto de la saturación en un circuito magnético.
3.5. Circuito magnético con excitación senoidal.
3.6. Reactancia de dispersión.
3.7. Pérdidas en circuitos magnéticos.
3.7.1. Pérdidas por histéresis.
3.7.2. Pérdidas por corrientes de Foucault o parásitas.
TEMA IV: Transformadores
4.1. Generalidades.
4.1.1. Fundamentos del transformador de potencia.
4.1.2. Finalidad de los transformadores.
4.2. Aspectos constructivos.
4.2.1. Circuito magnético.
4.2.2. Devanados y aislamiento.
4.2.3. Refrigeración.
4.2.4. Transformadores trifásicos.
4.3. El transformador monofásico de potencia.
4.3.1. Funcionamiento en vacío.
4.3.1.1. Corriente de excitación o de vacío en el transformador. Corriente en la bobina de reactancia con núcleo de

## GUÍA DOCENTE

hierro. Pérdidas en el circuito magnético.
4.4.1.2. Diagrama vectorial del transformador en vacío: resistencia y reactancia de dispersión en el primario.
4.4.1.3. Ensayo del transformador en vacío.
4.3.2. Funcionamiento del transformador en carga.
4.3.2.1. Diagrama vectorial del transformador en carga.
4.3.2.2. Reducción de los valores de un transformador a la tensión de uno de sus arrollamientos.
4.3.2.3. Esquema equivalente al transformador.
4.3.2.4. Esquema equivalente simplificado. Resistencia y reactancia de cortocircuito de un transformador.
4.3.2.5. Ensayo del transformador en cortocircuito. Tensión de cortocircuito.
4.3.2.6. Caídas de tensión en un transformador.
4.3.2.7. Efecto Ferranti.
4.3.2.8. Pérdidas y rendimiento del transformador.
4.6. Trabajo en paralelo de transformadores monofásicos.
4.7. Corriente de cortocircuito.
4.8. Transformadores trifásicos.
4.8.1. Bancos trifásicos a base de transformadores monofásicos.
4.8.2. El transformador de tres columnas.
4.8.3. Teoría de los transformadores trifásicos en régimen equilibrado.
4.8.4. Conexiones en los transformadores trifásicos: desfases, índices horarios.
4.8.5. Conexión en paralelo de transformadores trifásicos.
4.8.6. Resumen de propiedades de diversos grupos de conexión. Ejemplos de aplicación.
4.9. Autotransformadores.
4.10. Transformadores con tomas de regulación.
4.11. Transformaciones trifásicas especiales.
4.12. Transformadores de medida y protección.
4.13. Manejo y utilización de catálogos comerciales y protocolos de ensayos.
TEMA V: Fundamentos sobre la conversión electromecánica de energía eléctrica
5.1. Máquina generalizada de Kron.
5.2. Transformaciones de coordenadas.
5.3. La conversión electromecánica.
5.4. El principio de reversibilidad.
5.5. Balance energético de una máquina rotativa.
5.6. Dinámica de los accionamientos.
TEMA VI: La máquina asíncrona
6.1. Aspectos constructivos.
6.1.1. Generalidades.
6.1.2. Procesos de fabricación actuales.
6.1.3. Aspecto físico de los motores asíncronos.
6.1.4. Formas constructivas normalizadas de los motores asíncronos.
6.1.5. Conexión de los devanados: caja de terminales.
6.1.6. Ventajas e inconvenientes de los motores asíncronos.
6.2. Campos magnéticos giratorios.
6.3. Principio de funcionamiento del motor de inducción trifásico.
6.4. Circuito equivalente de la máquina asíncrona.
6.4.1. Ensayo de vacío.
6.4.2. Ensayo de cortocircuito.
6.5. Balance de potencia.
6.5.1. Características potencia eléctrica – velocidad.
6.5.2. Característica rendimiento – velocidad.
6.5.3. Característica factor de potencia – velocidad.
6.5.4. Característica corriente – velocidad.

## GUÍA DOCENTE

6.6. Par de rotación.
6.6.1. Característica mecánica.
6.6.2. Modos de funcionamiento de la máquina asíncrona.
6.7. Características funcionales de los motores asíncronos.
6.7.1. Característica mecánica en zona estable.
6.7.2. Característica temperatura devanados – tiempo.
6.7.3. Control de las características mecánicas de los motores asíncronos mediante el diseño del rotor.
6.7.4. Clasificación de los motores según el tipo de rotor.
6.7.5. Características mecánicas de las cargas más habituales de los motores asíncronos.
6.8. El arranque de los motores asíncronos.
6.8.1. Par de arranque y corriente de arranque.
6.8.2. Arranque mediante inserción de resistencias rotóricas.
6.8.3. Arranque mediante autotransformador.
6.8.4. Arranque estrella – triángulo.
6.8.5. Arranque mediante arrancadores estáticos.
6.9. El frenado eléctrico de los motores asíncronos.
6.9.1. Frenado regenerativo.
6.9.2. Frenado a contracorriente.
6.9.3. Frenado dinámico.
6.9.4. Cálculo de tiempos de frenado y arranque.
6.10. La variación de velocidad en los motores asíncronos.
6.10.1. Variación de velocidad por inserción de resistencias y reducción tensión.
6.10.2. Variación de velocidad por cambio en el número de polos.
6.10.3. Variación de velocidad por variación de la frecuencia.
6.10.4. Funcionamiento de los variadores de velocidad.
6.11. Motor monofásico de inducción.
6.12. Selección de un motor asíncrono para una aplicación específica.
6.13. Análisis modos de funcionamiento de la máquina asíncrona en una aplicación industrial.
TEMA VII: La máquina síncrona
7.1. Aspectos constructivos: generalidades.
7.2. Tipos de máquina síncrona.
7.3. Principio de funcionamiento. Reacción inducido. Reactancia síncrona.
7.5. Circuito equivalente de la máquina síncrona.
7.6. Curvas características y ensayos.
7.7. Potencia, par y rendimiento.
7.8. Funcionamiento del generador síncrono aislado y conectado a una red de potencia
Infinita.
7.9. Acoplamiento en paralelo de alternadores.
7.10. Motores síncronos.
TEMA VIII: La máquina de corriente continua
8.1. Aspectos constructivos. Generalidades.
8.2. Principio de funcionamiento. Devanados. Fuerza electromotriz inducida.
8.3. El colector: el problema de la conmutación.
8.4. La reacción de inducido. Polos auxiliares y devanado de compensación
8.5. Sistemas de excitación de una máquina de CC.
8.6. Potencia y par. Rendimiento.
8.7. La máquina de CC como motor. Curvas características.
8.8. Arranque. Inversión del sentido de giro. Frenado.
8.9. Variación de la velocidad en los motores de CC.
8.10. Aplicaciones de los motores de corriente continua.

# GUÍA DOCENTE

**2. Contenidos prácticos**

TRANSFORMADORES
Determinación de la relación de transformación.
Comprobación del grupo de conexión de transformadores trifásicos.
Ensayo en vacío del transformador.
Ensayo de cortocircuito del transformador.
Acoplamiento en paralelo de transformado
MÁQUINAS ASÍNCRONA.
Arranque del motor trifásico de inducción.
Medida de la resistencia de los devanados de un motor de rotor bobinado. Relación de transformación estator-rotor.
Ensayo en vacío del motor de inducción.
Ensayo en cortocircuito del motor de inducción.
La máquina asíncrona funcionando como generador.
MÁQUINA SÍNCRONA
Ensayo en vacío del alternador.
Ensayo en cortocircuito del alternador.
Acoplamiento en paralelo de alternadores.
La máquina síncrona funcionando como motor.
MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA
Medida de la resistencia del inductor.
Medida de la resistencia del inducido.
Arranque del motor C.C.
Regulación de velocidad en el motor C.C.

## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE RELACIONADOS CON LOS CONTENIDOS

Energía asequible y no contaminante
Industria, innovación e infraestructura
Ciudades y comunidades sostenibles
Producción y consumo responsables
Acción por el clima

## METODOLOGÍA

**Aclaraciones generales sobre la metodología (opcional)**

Esta asignatura contiene parte del programa formativo conducente a la obtención del Certificado de Aptitud Profesional en Inspección y Verificación de Instalaciones Eléctricas, expedido por la empresa SGS para el alumnado de la titulación de Grado en Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Superior de Córdoba.
Los alumnos que deseen completar dicho programa deberán cursar, además de las asignaturas obligatorias pertenecientes a la titulación, las asignaturas optativas "Medidas Electrotécnicas" y "Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas
Para los estudiantes a tiempo parcial se tendrá en cuenta su condición y disponibilidad en la asignatura, tanto en el desarrollo de la misma como en su evaluación.

**Adaptaciones metodológicas para alumnado a tiempo parcial y estudiantes con discapacidad y necesidades educativas especiales**

La adaptación del estudiente a tiempo parcial a la asignatura se llevará a cabo de mutuo acuerdo entre el Profesor

# GUÍA DOCENTE

responsable de la misma y los alumnos implicados al inicio del cuatrimestre

### Actividades presenciales

| Actividad | Grupo completo | Grupo mediano | Grupo pequeño | Total |
|---|---|---|---|---|
| *Actividades de evaluación* | 3 | - | - | 3 |
| *Laboratorio* | - | 7 | 6 | 13 |
| *Lección magistral* | 24 | - | - | 24 |
| *Tutorías* | - | 2 | 3 | 5 |
| ***Total horas:*** | ***27*** | ***9*** | ***9*** | ***45*** |

### Actividades no presenciales

| Actividad | Total |
|---|---|
| *Consultas bibliográficas* | 5 |
| *Cuestionarios* | 2 |
| *Estudio* | 33 |
| *Problemas* | 18 |
| *Trabajo de grupo* | 10 |
| ***Total horas:*** | ***68*** |

## MATERIAL DE TRABAJO PARA EL ALUMNO

Dossier de documentación
Ejercicios y problemas
Manual de la asignatura
Presentaciones PowerPoint
Referencias Bibliográficas

### Aclaraciones

El material de trabajo estará ubicado en la plataforma Moodle de la asignatura

## EVALUACIÓN

| Competencias | Exámenes | Portafolios | Prácticas de laboratorio | Resolución de problemas |
|---|---|---|---|---|
| *CB2* | X | X | X | X |

# GUÍA DOCENTE

| Competencias | Exámenes | Portafolios | Prácticas de laboratorio | Resolución de problemas |
|---|---|---|---|---|
| *CB4* | X | X | X | X |
| *CEE1* | X | X | X | X |
| *CU2* | X | X | X | X |
| ***Total (100%)*** | ***60%*** | ***10%*** | ***10%*** | ***20%*** |
| ***Nota mínima (*)*** | ***5*** | ***5*** | ***5*** | ***5*** |

(*)Nota mínima (sobre 10) necesaria para que el método de evaluación sea considerado en la calificación final de la asignatura. En todo caso, la calificación final para aprobar la asignatura debe ser igual o superior a 5,0.

**Valora la asistencia en la calificación final:**

*No*

**Aclaraciones generales sobre los instrumentos de evaluación:**

El cuestionario online, el examen tipo test y la prueba de respuestas cortas, resolución de problemas se corresponden con la heteroevaluación en un porcentaje del 40% de la evaluación del alumno.

- Será necesario superar el exámen tipo test de cada tema.
- Realizar el trabajo en grupo propuesto. Realización prácticas laboratorio

-Superar el examen final compuesto por:

Resolución de problemas con nota mínima de 5

Prueba teórica nota mínima de 5

- La nota de la asignatura se compondrá en un 60% examen final, un 40% el resto de los métodos de evaluación. Se considera superada la asignatura si el valor final obtenido es de 5 sobre 10.

**Aclaraciones sobre la evaluación para el alumnado a tiempo parcial y necesidades educativas especiales:**

Para los estudiantes a tiempo parcial se tendrá en cuenta su condición y disponibilidad en la asignatura, tanto en el desarrollo de la misma como en su evaluación.

La adaptación del estudiante a tiempo parcial a la asignatura se llevará a cabo de mutuo acuerdo entre el Profesor responsable de la misma y los alumnos implicados al inicio del cuatrimestre.

**Aclaraciones sobre la evaluación de la convocatoria extraordinaria y convocatoria extraordinaria de finalización de estudios:**

La convocatoria extraordinaria de septiembre es para aquellos alumnos que hayan consumido, al menos, una convocatoria, ya sea en el curso académico actual o anteriores. Para la evaluación se regirán por los contenidos y criterios reflejados en la guía docente del curso actual.

Serán examinados según la guía del curso anterior y los criterios siguientes:

-Superar el examen final compuesto por:

Resolución de problemas con nota mínima de 5

Prueba teórica nota mínima de 5

La convocatoria extraordinaria de abril es para estudiantes que cumplan los requisitos de la convocatoria

# GUÍA DOCENTE

extraordinaria de finalización de estudios (artículo 74 del *del Reglamento 24/2019 de Régimen Académico de los Estudios Oficiales de Grado de la Universidad de Córdoba*).
Para asignaturas del primer cuatrimestre, cuando llegue abril se habrá impartido la asignatura en su totalidad, luego debe regirse por los contenidos y criterios de la guía docente del curso actual.
Sin embargo, si la asignatura es del segundo cuatrimestre, en abril aún no se habrá finalizado la asignatura, por lo que la convocatoria de abril debe regirse por los contenidos y criterios de la guía docente del curso anterior.
Serán examinados según los criterios siguientes:
-Superar el examen final compuesto por:
Resolución de problemas con nota mínima de 5
Prueba teórica nota mínima de 5

**Criterios de calificación para la obtención de Matrícula de Honor:**
*La mención de «Matrícula de Honor» podrá ser otorgada a estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0. SE DEBE CUMPLIR EL ARTICULO 30.3 DE REGLAMENTO DE RÉGIMEN ACADÉMICO*

## BIBLIOGRAFIA

### 1. Bibliografía básica

ALONSO RODRIGUEZ, A.M. y otros Teoría de máquinas de corriente alterna. Máquinas asíncrona. E.T.S.I.I..- U.P.M.
ALONSO RODRIGUEZ, A.M. Teoría de máquinas de corriente continua y motores de colector. E.T.S.I.I..- U.P.M.
CHAPMAN STEPHEN J. (2000). Máquinas Eléctricas. MC GRAW-HILL.
CORTES CHERTA M. (1994) Curso moderno de máquinas eléctricas rotativas. Tomo I. EDITORES TÉCNICOS ASOCIADOS.
E.E. STAFF DE M.I.T. (1981) Circuitos Magnéticos y Transformadores. ED. REVERTÉ
FAURE BENITO, Roberto (2000) Máquinas y accionamientos eléctricos. FONDO EDITORIAL DE INGENIERÍA NAVAL.
FITZGERALD, A.E. y otros (1992). Máquinas Eléctricas. MC GRAW-HILL.
FRAILE MORA Jesús (2003) Máquinas Eléctricas. MC GRAW-HILL.
FRAILE MORA, Jesús. Problemas de Máquinas Elétricas. Schaum. MC GRAW-HILL.
GÓMEZ EXPÓSITO, Antonio.(2002) Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica. MC GRAW-HILL.
LLORENTE ANTÓN, MANUEL. (1994). Cables Eléctricos Aislados. PARANINFO.
MATH WORKS INC. (1996). Matlab. Edición estudiante. PRENTICE HALL
MATH WORKS INC. (1996). Simulink.Edición estudiante. Software de simulación de sistemas dinámicos. PRENTICE HALL
MERINO AZCÁRRAGA, José Mª (1995) Arranque industrial de motores asíncronos. MCGRAW-HILL.
MERINO AZCÁRRAGA, José Mª (1997) Convertidores de frecuencia para motores de corriente alterna. MCGRAW-HILL.
MERINO AZCÁRRAGA, José Mª (1998) Manual de accionamientos eléctricos. EVE.
ORTEGA GOMEZ, G y otros.(2002) Problemas resueltos de Máquinas Eléctricas. THOMSON.
RAS OLIVA, E. (1988) Transformadores de potencia, de medida y de protección. ED. MARCOMBO
ROLDÁN VILORIA, J. (1992). Motores Eléctricos Aplicación Industrial. PARANINFO
ROLDÁN VILORIA, J. (1998). Motores Eléctricos. PARANINFO
SANJURJO NAVARRO, R (1989) Máquinas eléctricas. MCGRAW-HILL
SANZ FEITO, JAVIER (2002). Máquinas Eléctricas. PRENTICE HALL

### 2. Bibliografía complementaria

Ninguna

# GUÍA DOCENTE

## CRITERIOS DE COORDINACIÓN

Actividades conjuntas: conferencias, seminarios, visitas...
Organización de salidas
Realización de actividades

Las estrategias metodológicas y el sistema de evaluación contempladas en esta Guía Docente serán adaptadas de acuerdo a las necesidades presentadas por estudiantes con discapacidad y necesidades educativas especiales en los casos que se requieran.