

Programa del curso EE-0802

Máquinas eléctricas II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Máquinas eléctricas II
Código:	EE-0802
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0703 Laboratorio de máquinas eléctricas I; EE-0702 Máquinas eléctricas I
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0803 Laboratorio de máquinas eléctricas II. <i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave; EE-4801 Sistemas eléctricos de transmisión y distribución. <i>Énfasis en Aeronáutica</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave. <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

2. Descripción general

El curso de *Máquinas eléctricas II* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diversas condiciones de operación, así como analizar su diseño y aplicaciones.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los principios de operación de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático; aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa; y seleccionar máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Máquinas eléctricas I, y Laboratorio de máquinas eléctricas I.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Sistemas eléctricos de transmisión y distribución, y Sistemas de generación y almacenamiento de energía.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento.

Objetivos específicos

- Analizar los principios de operación de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático.
- Aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa.
- Seleccionar máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Alternador sincrónico

- 1.1. Principio de funcionamiento
- 1.2. Construcción de las partes principales
- 1.3. Tipos de rotor
- 1.4. Sistemas de control de máquinas sincrónicas

- 1.5. Excitación de alternadores (con escobillas, sin escobillas)
- 1.6. Principios de funcionamiento y curva de magnetización
- 1.7. Modelo en régimen permanente y diagramas fasoriales
- 1.8. Ecuaciones para modelado
- 1.9. Inductancias propias de la máquina sincrónica
- 1.10. Transformación de Park
- 1.11. Diagramas fasoriales
- 1.12. Ecuaciones de potencia activa y reactiva
- 1.13. Límites de estabilidad
- 1.14. Sistema pu de la máquina sincrónica
- 1.15. Alternador en funcionamiento aislado
- 1.16. Regulación de tensión y factor de potencia
- 1.17. Saturación de la máquina sincrónica
- 1.18. Características de saturación de circuito abierto
- 1.19. Características de saturación del entrehierro y cortocircuito
- 1.20. Pérdidas eléctricas, mecánicas, magnéticas y eficiencia
- 1.21. Modelado de saturación en sistemas de potencia (S10 y S12)
- 1.22. Curva de capacidad de la máquina
- 1.23. Generadores operando en paralelo de forma aislada
- 1.24. Generador en funcionamiento en una red de potencia infinita
- 1.25. Análisis de generadores considerando: efecto del gobernador y efecto de la excitación
- 1.26. Operación del generador conectada a una barra infinita
- 2. Motor Sincrónico
 - 2.1. Principio de funcionamiento
 - 2.2. Modelo en régimen permanente y diagramas fasoriales
 - 2.3. Par desarrollado
 - 2.4. Curvas V y control del factor de potencia
 - 2.5. Pérdidas eléctricas, mecánicas, magnéticas y eficiencia
 - 2.6. Datos de placa
 - 2.7. Condensador sincrónico
- 3. Máquinas de corriente directa
 - 3.1. Principio de funcionamiento

- 3.2. Partes constructivas (estator, rotor, colector, escobillas, etc)
- 3.3. Modelo matemático de flujos y corrientes de devanados
- 3.4. Tensión inducida en una espira giratoria
- 3.5. Par inducido por una espira giratoria
- 3.6. El proceso de conmutación
- 3.7. Problemas de conmutación
- 3.8. Desplazamiento de escobillas, interpolos y devanados de compensación
- 4. Generador de corriente directa
 - 4.1. Construcción
 - 4.2. Principio de funcionamiento
 - 4.3. Generación en una espira
 - 4.4. Generación en una armadura
 - 4.5. Conmutación
 - 4.6. Reacción de armadura
 - 4.7. Métodos para disminuir la reacción de armadura
 - 4.8. Desplazamiento de escobillas
 - 4.9. Polos de conmutación
 - 4.10. Bobinados de compensación
 - 4.11. Método de excitación de campo
 - 4.12. Generador excitación independiente
 - 4.13. Características
 - 4.14. Generador auto excitadas
 - 4.15. Conexión shunt
 - 4.16. Conexión serie
 - 4.17. Conexión compuesto-acumulativa
 - 4.18. Conexión compuesto-diferencial
 - 4.19. Eficiencia
 - 4.20. Datos de placa
 - 4.21. Escobillas
- 5. Motores de corriente directa
 - 5.1. Principio de funcionamiento
 - 5.2. Producción de par y circuito equivalente
 - 5.3. Motor excitación independiente

- 5.4. Motor excitación paralela (Shunt)
- 5.5. Motor excitación serie
- 5.6. Motor excitación compuesta acumulativa
- 5.7. Motor excitación compuesta diferencial
- 5.8. Eficiencia
- 5.9. Control de velocidad
- 5.10. Datos de placa
- 6. Maquinas eléctricas especiales
 - 6.1. Motor universal
 - 6.2. Servomotores
 - 6.3. Motor a pasos
 - 6.4. Motores lineales
- 7. Fundamentos y convertidores de electrónica de potencia
 - 7.1. Introducción a la electrónica de potencia y su importancia en la conversión de energía
 - 7.2. Principio de funcionamiento y aplicaciones de variadores de velocidad
 - 7.3. Convertidores AC/DC (rectificadores): funcionamiento, tipos y aplicaciones
 - 7.4. Convertidores DC/DC (choppers): clasificación, regulación de tensión y aplicaciones
- 8. Convertidores avanzados y aplicaciones
 - 8.1. Convertidores DC/AC (inversores): tipos, control y aplicaciones en energías renovables
 - 8.2. Convertidores AC/AC: cicloconvertidores y reguladores de tensión
 - 8.3. Selección y análisis de dispositivos de conmutación en convertidores de potencia
 - 8.4. Aplicaciones prácticas y tendencias en electrónica de potencia

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología En este curso, se utilizará el enfoque sistémico-complejo para la ejecución de las sesiones magistrales y se integrará la investigación práctica aplicada para las asignaciones extraclase. Esta última se implementará mediante técnicas como el estudio de casos, el aprendizaje basado en proyectos, el modelado y la simulación.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de máquinas eléctricas.
- Resolverán problemas; y validarán sus resultados utilizando simulaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento

Si un estudiante requiere apoyos educativos, podrá solicitarlos a través del Departamento de Orientación y Psicología.

6. Evaluación La evaluación se distribuye en los siguientes rubros:

- Pruebas parciales: evaluaciones formales que miden el nivel de comprensión y aplicación de los conceptos clave del curso. Generalmente cubren una parte significativa del contenido visto hasta la fecha y pueden incluir problemas teóricos y prácticos.
- Pruebas cortas: evaluaciones breves y frecuentes que sirven para comprobar el dominio de temas específicos. Suelen ser de menor peso en la calificación final y permiten reforzar el aprendizaje continuo.
- Act. aprendizaje activo: actividad diseñada para que los estudiantes se involucren de manera directa y práctica en la construcción de su conocimiento, a través de la resolución de problemas, la discusión y la aplicación de conceptos teóricos en contextos reales o simulados.

Pruebas parciales (2)	60 %
Pruebas cortas (5)	25 %
Act. aprendizaje activo (4)	15 %
Total	100 %

De conformidad con el artículo 78 del Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas, en este curso la persona estudiante tiene derecho a presentar un examen de reposición si su nota luego de redondeo es 60 o 65.

7. Bibliografía

- [1] M. Liwshitz Garik, C. C. Whipple et al., *Máquinas de corriente alterna*. Reverté, 1981.
[2] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.

- [3] I. L. Kosow, *Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [4] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.
- [5] J. Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2016.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley y A. Kusko, *Teoría y análisis de las máquinas eléctricas*. Barcelona: Hispano Europea, Editia Mexicana, 1975.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Osvaldo Guerrero Castro

Bachillerato en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: oguerrero@tec.ac.cr *Teléfono:* 25509345

Oficina: 6 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Mag. Greivin Barahona Guzmán

Bachillerato en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: gbarahona@itcr.ac.cr *Teléfono:* 25509344

Oficina: 1 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Dr.-Ing. Gustavo Gomez Ramirez

Bachillerato en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Administración de Negocios, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Doctorado en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: ggomez@itcr.ac.cr *Teléfono:* 25509354

Oficina: 17 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Bachillerato en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr *Teléfono:* 25509350

Oficina: 14 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago