

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

<b>Nombre del curso:</b>	Máquinas eléctricas II
<b>Código:</b>	EE-0802
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<b>Obligatorio o electivo:</b>	Obligatorio
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	5
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Curso de 8 <sup>vo</sup> semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
<b>Requisitos:</b>	EE-0703 Laboratorio de máquinas eléctricas I; EE-0702 Máquinas eléctricas I.
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	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.
<b>Asistencia:</b>	Libre
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Aprobación y actualización del programa:</b>	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 el curso de: Análisis de circuitos II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: 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 p.u. 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 (S1.0 y S1.2)
- 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:

**Dr.-Ing. Gustavo Gomez Ramirez**

Maestría académica en Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Maestría Profesional en Administración de Negocios. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica

Doctor en Ingeniería. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: [ggomez@itcr.ac.cr](mailto:ggomez@itcr.ac.cr) Teléfono: 25509354

Oficina: 17 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago