

Programa del curso EE-4801

Sistemas eléctricos de transmisión y distribución

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas eléctricos de transmisión y distribución
Código:	EE-4801
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 con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0802 Máquinas eléctricas II
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-4901 Sistemas de generación y almacenamiento de energía
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 *Sistemas eléctricos de transmisión y distribución* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: comprender los fundamentos de los sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: describir la estructura de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, representando los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación de potencia reactiva; determinar los métodos de análisis de flujos de potencia y estudios de cortocircuito para la evaluación del desempeño de las redes eléctricas; examinar el impacto de tecnologías emergentes como generación distribuida, almacenamiento de energía y redes inteligentes en la operación de los sistemas eléctricos; e identificar las condiciones anormales en la red eléctrica y los mecanismos de protección, garantizando la seguridad y estabilidad operativa del sistema.

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

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

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar el funcionamiento, modelado y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, considerando sus elementos fundamentales, métodos de análisis y tecnologías emergentes.

Objetivos específicos

- Describir la estructura de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, representando los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación de potencia reactiva.
- Determinar los métodos de análisis de flujos de potencia y estudios de cortocircuito para la evaluación del desempeño de las redes eléctricas.
- Examinar el impacto de tecnologías emergentes como generación distribuida, almacenamiento de energía y redes inteligentes en la operación de los sistemas eléctricos.
- Identificar las condiciones anormales en la red eléctrica y los mecanismos de protección, garantizando la seguridad y estabilidad operativa del sistema.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción

1.1. Introducción al análisis de los sistemas eléctricos de potencia

1.2. Perspectivas generales de los sistemas de transmisión y distribución de energía

eléctrica

- 1.3. Desafíos y oportunidades
2. Elementos de modelado de sistemas eléctricos de potencia
 - 2.1. Centrales eléctricas
 - 2.2. Generador sincrónico: modelo y parámetros
 - 2.3. Transformador de potencia: modelo y parámetros
 - 2.4. Elementos de compensación de potencia reactiva
 - 2.5. Subestaciones eléctricas
 - 2.6. Cargas estáticas y dinámicas
 - 2.7. Sistema p.u.
3. Elementos estáticos de las redes eléctricas
 - 3.1. Líneas aéreas
 - 3.2. Líneas subterráneas
 - 3.3. Resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia de la línea de transmisión.
 - 3.4. Modelado de la línea de transmisión
4. Modelado de las líneas de transmisión
 - 4.1. Modelo de la línea corta
 - 4.2. Modelo de la línea media
 - 4.3. Modelo de la línea larga
5. Modelado de componentes de los sistemas de distribución
 - 5.1. Líneas eléctricas aéreas y subterráneas
 - 5.2. Transformadores
 - 5.3. Demanda
 - 5.4. Generación distribuida e inversores
 - 5.5. Sistemas de almacenamiento
 - 5.6. Vehículos eléctricos
6. Métodos de análisis de flujos de potencia
 - 6.1. Planteamiento del problema de flujo de potencia
 - 6.2. Aplicación de Gauss Seidel
 - 6.3. Aplicación de Newton Rapson
 - 6.4. Aplicación de Desacoplado rápido
 - 6.5. Aplicación de Flujo de potencia DC
 - 6.6. Reconocimiento y programación en software de simulación

- 7. Análisis de fallas y estudio de cortocircuito
 - 7.1. Planteamiento del problema de cortocircuito
 - 7.2. Componentes simétricos
 - 7.3. Síntesis de vectores desequilibrados a partir de componentes simétricos
 - 7.4. Operadores, componentes simétricos de vectores asimétricos
 - 7.5. Potencia en función de los componentes simétricos
 - 7.6. Impedancias de secuencia y redes de secuencia
 - 7.7. Fallas no simétricas
 - 7.8. Análisis de fallas monofásicas, bifásicas y trifásicas
 - 7.9. Interpretación de las redes de secuencia interconectadas
 - 7.10. Análisis de fallas asimétricas utilizando la matriz de impedancias de barras
- 8. Operación de sistemas de redes inteligentes de distribución
 - 8.1. Sistemas avanzados para la gestión de la distribución
 - 8.2. Flujos de potencia y el estimador de estados
 - 8.3. Control de tensión y potencia reactiva
 - 8.4. Análisis de cortocircuito simétrico y asimétrico
 - 8.5. Esquemas de protección y gestión de fallas
 - 8.6. Coordinación de recursos energéticos distribuidos
 - 8.7. Coordinación operativa entre transmisión y distribución
- 9. Análisis de condiciones anormales en la red
 - 9.1. Sobretensiones por descargas atmosféricas
 - 9.2. Origen de las descargas atmosféricas
 - 9.3. Variaciones del campo eléctrico y formación de rayos
 - 9.4. Pararrayos y zonas de protección, y modelo electro-geométrico
 - 9.5. Parámetros eléctricos de las descargas y energía descargada
 - 9.6. Blindaje
 - 9.7. Sobretensiones por maniobra
 - 9.8. Sobretensiones temporales y sobretensiones de frente lento
 - 9.9. Sobretensiones de frente rápido y sobretensiones de frente muy rápido
 - 9.10. Mecanismos de protección y perturbaciones de baja frecuencia
 - 9.11. Perturbaciones de alta frecuencia y problemas por baja tensión
- 10. Conceptos y aplicaciones de las redes inteligentes
 - 10.1. Comunicaciones eléctricas y ciberseguridad

10.2. Manejo de demanda dinámica y medidores inteligentes

10.3. Automatización de sistemas de distribución

10.4. Sistemas de almacenamiento y 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:

- Analizarán casos de estudio sobre la estructura y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Modelarán componentes de los sistemas eléctricos de potencia utilizando software de simulación.
- Resolverán problemas numéricos de flujos de potencia y cortocircuito aplicando diferentes métodos de análisis.
- Examinarán fallas en la red mediante la interpretación de redes de secuencia y análisis de condiciones anormales.
- Interpretarán resultados de estudios eléctricos para proponer estrategias de mejora en la operación del sistema.
- Compararán diferentes modelos de líneas de transmisión y distribución para identificar sus ventajas y limitaciones.
- Investigarán tendencias actuales en tecnologías de transmisión, distribución y automatización de redes eléctricas.
- Presentarán informes técnicos sobre los resultados obtenidos en las simulaciones y análisis realizados.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar el funcionamiento, modelado y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, considerando sus elementos fundamentales, métodos de análisis y tecnologías emergentes

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] J. J. Grainger y W. D. Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*. México: McGraw-Hill, 1996.
- [2] D. P. Kothari e I. J. Nagrath, *Sistemas Eléctricos de Potencia*. México: McGraw-Hill, 2008.
- [3] T. Wildi, *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: PEARSON, 2007.
- [4] W. Kersting, *Distribution System Modeling and Analysis*, 3rd. CRC Press, 2012.
- [5] T. Short, *Electric Power Distribution Handbook*, 2nd. CRC Press, 2014.
- [6] J. Momoh, *Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis*. Wiley, 2012.
- [7] J. Ekanayake et al., *Smart Grid: Technology and Applications*. Wiley, 2012.
- [8] D. Pinheiro et al., *Smart Operations for Power Distribution Systems: Concepts and Applications*. Springer, 2018.
- [9] G. Migliavacca, *TSO-DSO Interactions and Ancillary Services in Electricity Transmission and Distribution Networks: Modelling, Analysis and Case Studies*. Springer, 2020.

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 *Teléfono:* 25509354

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