

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 pu
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:

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. Gonzalo Mora Jiménez

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

Especialización en Mercados Energéticos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

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

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

Oficina: 2 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

M.Sc. Luis Carlos Muñoz Chacón

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

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

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

Maestría en Administración de Proyectos, Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica

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

Oficina: 2 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

