

Programa del curso EE-4901

## **Sistemas de generación y almacenamiento de energía**

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

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Sistemas de generación y almacenamiento de energía
<b>Código:</b>	EE-4901
<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 9 <sup>no</sup> semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
<b>Requisitos:</b>	EE-4801 Sistemas eléctricos de transmisión y distribución
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-5003 Gestión de la energía
<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 *Sistemas de generación y almacenamiento de energía* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar soluciones de generación y almacenamiento de energía para autoconsumo y venta de energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios fundamentales de las tecnologías de generación de energía renovable y no renovable; analizar diferentes sistemas de almacenamiento de energía y su integración en redes eléctricas; dimensionar soluciones de generación y almacenamiento de energía adaptadas a diferentes contextos y necesidades; y aplicar técnicas de análisis de estabilidad para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, mediante el uso de herramientas de simulación y modelado.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Sistemas eléctricos de transmisión y distribución, y Máquinas eléctricas II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Gestión de la energía.

## 3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

### Objetivo general

- Desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, tanto para autoconsumo como para la venta de energía en pequeña y gran escala, utilizando tecnologías sostenibles y eficientes.

### Objetivos específicos

- Comprender los principios fundamentales de las tecnologías de generación de energía renovable y no renovable.
- Analizar diferentes sistemas de almacenamiento de energía y su integración en redes eléctricas.
- Dimensionar soluciones de generación y almacenamiento de energía adaptadas a diferentes contextos y necesidades.
- Aplicar técnicas de análisis de estabilidad para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, mediante el uso de herramientas de simulación y modelado.

## 4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a las energías renovables y no renovables
  - 1.1. Contexto nacional internacional
  - 1.2. Tipos de energías renovables y no renovables
  - 1.3. Importancia del almacenamiento de energía
  - 1.4. Marco regulatorio

- 2. Energías renovables: tecnologías e integración a la red
  - 2.1. Generación hidroeléctrica
  - 2.2. Generación geotérmica
  - 2.3. Generación solar fotovoltaica
  - 2.4. Generación eólica
  - 2.5. Generación por biomasa
  - 2.6. Generación por energía de las olas
- 3. Energías no renovables
  - 3.1. Fundamentos de la energía no renovable
  - 3.2. Tecnologías de las energías no renovables
  - 3.3. Integración a la red de las energías no renovables
- 4. Almacenamiento de energía: baterías electroquímicas
  - 4.1. Tipos de baterías y sus aplicaciones
  - 4.2. Diseño y dimensionamiento de sistemas de baterías
  - 4.3. Ciclo de vida y reciclaje
  - 4.4. Integración a la red eléctrica
- 5. Almacenamiento de energía: hidrógeno y combustibles sintéticos
  - 5.1. Producción y almacenamiento de hidrógeno
  - 5.2. Aplicaciones de combustibles sintéticos
  - 5.3. Integración a la red eléctrica
- 6. Otros tipos de almacenamiento de energía
  - 6.1. Principios de funcionamiento del almacenamiento mecánico, químico, térmico, eléctrico
  - 6.2. Aplicaciones prácticas y alternativas modernas de almacenamiento
  - 6.3. Comparación con otras tecnologías
- 7. Operación económica de la generación de electricidad
  - 7.1. Costos y beneficios de la generación de electricidad
  - 7.2. Distribución de cargas entre unidades de una misma central
  - 7.3. Pérdidas de transmisión en función de la producción, cálculo de los coeficientes de pérdidas, distribución de la carga entre centrales, factores de penalización
  - 7.4. Despacho económico de la generación
- 8. Integración de sistemas de generación y almacenamiento al sistema de potencia
  - 8.1. Modelado y simulación de sistemas integrados

- 8.2. Análisis de estabilidad, el problema de estabilidad
- 8.3. Estabilidad en régimen permanente y estabilidad en régimen transitorio
- 8.4. Ecuación de oscilación
- 8.5. Principios de regulación de tensión y frecuencia en un sistema interconectado
- 8.6. Estrategias de control y regulación
- 8.7. Casos de estudio

## **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 sistemas de generación y almacenamiento de energía.
- Realizarán exposiciones teóricas, combinadas con ejercicios prácticos y simulaciones de la generación de electricidad renovable y no renovable, y se analizarán la integración a la red eléctrica de transmisión y distribución. Se hará análisis de tecnologías mediante estudios de caso y evaluación de impacto ambiental.
- Realizarán cálculos de costos y optimización del despacho económico con ejercicios prácticos con la finalidad de determinar las unidades más económicas.
- Utilizarán herramientas de modelado y simulación para analizar estabilidad y estrategias de control ante una presencia de energías renovables y no renovables, almacenamiento y su interacción con los otros elementos del sistema de potencia.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, tanto para autoconsumo como para la venta de energía en pequeña y gran escala, utilizando tecnologías sostenibles y eficientes

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] A. Rufer, *Energy storage: systems and components*. CRC Press, 2017.
- [2] M. Sterner e I. Stadler, *Handbook of energy storage: Demand, technologies, integration*. Springer, 2019.
- [3] J. J. Grainger y W. D. Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*. México: McGraw-Hill, 1996.
- [4] M. Eremia y M. Shahidehpour, *Handbook of Electrical Power System Dynamics: Modeling, Stability, and Control*. Wiley-IEEE Press, 2013, ISBN: 9781118516072.
- [5] J. D. Glover y M. S. Sarma, *Sistemas de Potencia: análisis y diseño*. Cengage Learning Editores, 2003.
- [6] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.
- [7] P. Kundur, N. J. Balu y M. G. Lauby, *Power System Stability and Control*. McGraw-hill New York, 1994, vol. 7.
- [8] L. L. Grigsby, *The Electric Power Engineering Handbook*. CRC Press, 2000.
- [9] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

**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*