

PROGRAMA DE CURSO

SISTEMAS DE ENERGÍA Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Eléctrica (DIE)					
Nombre del curso	Sistemas de Energía y Equipos Eléctricos	Código	EL4103	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Energy Systems and Electrical Equipment</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	3	Trabajo personal	4
Carácter del curso	Electivo: Núcleo línea de especialización					
Requisitos	EL4111: Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado modele, simule y analice la operación de los sistemas eléctricos de potencia tanto en condiciones normales como en situaciones de falla, para lo cual considera los fenómenos físicos asociados y sus características constructivas. Adicionalmente, se modela, simula e interpreta la operación económica de sistemas eléctricos de potencia, utilizando herramientas de optimización sujetas a diferentes restricciones técnicas y económicas.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Formular, analizar, simular y usar modelos físico-matemáticos que caractericen sistemas dinámicos y fuentes de incertidumbre.

CE2: Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico- tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE4	RA1: Modela los principales componentes de sistemas eléctricos de potencia, considerando tanto los fenómenos físicos asociados como las características constructivas (materiales, límites térmicos, esfuerzos mecánicos, entre otros) de dichos sistemas.
CE2, CE5	RA2: Modela, simula e interpreta la operación de sistemas eléctricos de potencia tanto en condiciones normales como en situaciones de falla, utilizando modelación en régimen permanente y transitorio.
CE5	RA3: Aplica conceptos de costos marginales, mínimo costo, oferta, demanda, entre otros para comprender las operaciones y el funcionamiento de los mercados eléctricos competitivos como el tipo pool, así como contratos bilaterales y servicios complementarios.
CE2, CE5	RA4: Modela, simula e interpreta la operación económica de sistemas eléctricos de potencia, usando herramientas de optimización sujetas a diferentes restricciones técnicas, tales como, despacho económico, coordinación hidrotérmica, entre otras.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Lee, de manera comprensiva y exploratoria, documentos técnicos relacionados con la operación técnica y económica de sistemas eléctricos de potencia, así como modelos de componentes, reportando de forma oral y escrita el análisis realizado.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA5	Modelos de componentes de sistemas eléctricos	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>1.1. Introducción general a componentes de sistemas eléctricos.</p> <p>1.2. Transformador de poder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a transformador de poder. - Circuitos equivalentes. - Conexiones. - Tipos de transformadores. - Determinación de parámetros. <p>1.3. Líneas de transmisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a los modelos de líneas de transmisión y generadores sincrónicos. - Parámetros eléctricos. - Representación de una línea. - Parámetros A, B, C, D de una línea. - Modelos equivalentes. - Comportamientos de líneas. - Cables de poder. <p>1.4. Generador sincrónico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a generadores sincrónicos. - Modelo dinámico de un generador sincrónico. - Transformación de Park. - Aplicación de la transformación de Park en GS. - Representación por unidad. - Análisis en régimen permanente. - GS conectado a un SEP. - Desempeño transitorio de un generador síncrono. - Representación en estudios de estabilidad. <p>1.5. Otros componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Componentes (generadores de inducción, sistemas de almacenamiento, sistemas fotovoltaicos, entre otros). 		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona la forma de modelación de componentes de sistemas eléctricos, según el problema a abordar. 2. Modela eléctricamente componentes de los sistemas de potencia, mediante ecuaciones algebraicas y diferenciales, parámetros y circuitos equivalentes. 3. Analiza el comportamiento de las componentes de los sistemas eléctricos de potencia, considerando diferentes condiciones de operación. 4. Lee de manera comprensiva diversos textos o documentos técnicos para indagar sobre los principales modelos de componentes de sistemas eléctricos. 	
Bibliografía de la unidad		[1] [2]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA4, RA5	Operación técnica de sistemas eléctricos de potencia (SEP)	7 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Flujos de potencia en SEP.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Modelo estacionario de la red. -Ecuaciones de potencia. -Conjunto de variables. -Métodos iterativos. -Método desacoplado. <p>2.2. Control de tensión en SEP.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Norma técnica. -Clasificación de variaciones de tensión. -Métodos de control de tensión. -Métodos para producir o absorber potencia reactiva. -Compensación en sistemas de transmisión - Equipos FACTS. <p>2.3. Control de frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Regulación/control de frecuencia en SEP. -Respuesta de frecuencia durante fallas. -Control primario de frecuencia. -Control secundario de frecuencia. -Efectos de las ERNC. -Esquemas de desconexión automático. -Reservas. <p>2.4. Fallas de sistemas de potencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Naturaleza de los cortocircuitos. -Cortocircuitos en sistemas trifásicos. -Métodos de componentes simétricas. -Mallas de secuencia de los elementos de un SEP. -Fallas asimétricas. <p>2.5. Estabilidad transitoria.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introducción a estabilidad transitoria. -Conceptos básicos de estabilidad de ángulo. -Estudio de estabilidad transitoria de ángulo. -Criterios de áreas iguales. -Respuesta de un GS a un corto circuito en bornes. -Ejemplo de estabilidad transitoria. 		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Resuelve sistemas de ecuaciones en forma analítica o numérica. 2. Aplica modelos y técnicas en el análisis de la operación de sistemas eléctricos de potencia en condiciones normales y en situaciones de falla. 3. Resuelve problemas aplicados de SEP, utilizando herramientas de simulación con una parametrización adecuada. 4. Interpreta analíticamente los resultados obtenidos en la resolución de problemas de sistemas eléctricos de potencia. 5. Aplica estándares de la industria para operar un sistema eléctrico dentro rangos admisibles (variables de estado y parámetros de control). 6. Propone soluciones tanto de diseño (dimensionamiento de componentes) como de operación de SEP, considerando especificaciones técnicas. 7. Lee, de manera comprensiva, sobre la operación de SEP y sus condiciones de operación y diseño. 8. Reporta, de forma clara y concisa, los resultados de un análisis crítico sobre la operación de SEP y sus condiciones de operación y diseño. 	

<p>-Mejoramiento de la estabilidad transitoria.</p> <p>2.6. Calidad de suministro.</p> <p>-Introducción a la calidad de suministro.</p> <p>-Armónicos.</p> <p>-Problemas de tensión.</p> <p>-Cortes de suministro.</p> <p>-Soluciones.</p>	
Bibliografía de la unidad	[1] [2]

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3, RA4, RA5	Operación económica de sistemas eléctricos de potencia (SEP)	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Contexto de la operación económica de los SEP.</p> <p>-Introducción a los mercados competitivos.</p> <p>-Modelos de mercados existentes: sistema pool, bolsa de energía, contratos bilaterales físicos.</p> <p>-Definiciones.</p> <p>3.2. Despacho económico.</p> <p>-Despacho económico básico.</p> <p>-Despacho con límites de generación.</p> <p>-Despacho con pérdidas.</p> <p>-Ejemplo de despacho económico.</p> <p>-Modelos de despacho basados en flujos de potencia lineales.</p> <p>3.3. Predespacho.</p> <p>-Modelación.</p> <p>-Técnicas de solución.</p> <p>3.4. Coordinación hidrotérmica.</p> <p>-Coordinación hidrotérmica de una etapa.</p> <p>-Coordinación hidrotérmica de mediano plazo.</p> <p>-Estudios sistémicos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Identifica los elementos constituyentes de un mercado eléctrico (agentes de mercado, instituciones), comprendiendo la forma en que ellos se relacionan en un mercado competitivo. Utiliza herramientas de optimización (despacho económico, predespacho y coordinación hidrotérmica) para modelar, simular e interpretar la operación económica de un sistema eléctrico. Distingue las aristas técnicas y económicas de los sistemas eléctricos de potencia, comprendiendo sus dependencias mutuas. Lee textos para indagar y realizar un análisis crítico de la operación económica de SEP. Explica de forma clara y concisa, en un reporte, los resultados del análisis crítico sobre la operación económica de SEP. 	
Bibliografía de la unidad		[1] [2]	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera el uso de diversas estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas ya sea forma individual y/o grupal.
- Lecturas
- Trabajo de investigación.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera distintas instancias de evaluación tales como:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Controles.	Evalúan RA1, RA2, RA3, RA4.
• Tareas/ejercicios.	Evalúan RA2, RA4.
• Trabajo de investigación acotado.	Evalúa RA5.
• Examen.	Evalúa RA1, RA2, RA3, RA4.

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre los tipos de evaluación, la cantidad y las ponderaciones correspondientes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía básica:

- [1] Brokering, W., Palma, R. (2018). **Atrapando el Sol en los Sistemas Eléctricos de Potencia**. ISBN: 9789-956-398-395-1.
 [2] Gómez Expósito, A. (2003). **Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica**. McGraw- Hill.

Bibliografía complementaria:

- [3] Wood, A., Wollenberg, B. (2013). *Power Generation, Operation, and Control*. John Wiley & SONS: tercera Edición.
 [4] Grainger, J., Stevenson, W. (1996). **Análisis de Sistemas de Potencia**. McGraw-Hill: segunda Edición.
 [5] Saadat, H. (1999). *Power System Analysis*. McGraw-Hill.
 [6] Fitzgerald, A.E., Kingsley, CH., Umans, S. (2004). **Máquinas Eléctricas**. Mc Graw-Hill Interamericana.
 [7] Chapman, S. (2005). **Máquinas Eléctricas**. México: Mc Graw-Hill.
 [8] Sanz, J. (2002). **Máquinas Eléctricas**. Madrid: Prentice Hall.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Claudia Rahmann, Rodrigo Palma
Validado por:	Validación CTD ampliado de Eléctrica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular