

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL 5203	Laboratorio de Sistemas de Energía			
Nombre en Inglés				
Energy Systems Laboratory				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	5 (Laboratorio)	0	5
Requisitos			Carácter del Curso	
EL 4001 Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos			Electivo - Núcleo de Línea de Especialización	
Resultado de Aprendizaje del Curso				
Al final del curso se espera que el estudiante:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Analice y clasifique las condiciones de operación de un sistema eléctrico y de una línea de transmisión, bajo distintas condiciones de operación normal y en situaciones de falla. 2. Comprenda, a través de la experimentación y con un enfoque sistémico, distintos sistemas y esquemas de conversión de la energía y de generación de energía eléctrica. 3. Verifique la teoría, validez y limitaciones de los modelos desde un enfoque sistémico, de máquinas y dispositivos eléctricos estudiados y de las relaciones de ellos obtenidas. 				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La metodología de trabajo será netamente práctico, en donde la estrategia a utilizar es el trabajo de laboratorio, en donde el estudiante utilizará además:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El método de proyecto. • Trabajo en equipo. • Búsqueda de información. 	<p>La evaluación permitirá que los estudiantes demuestren los resultados de aprendizaje alcanzados en los distintos momentos del proceso de enseñanza, siendo éstos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de entrada. • Interrogaciones. • Laboratorios. • Informes. <p>El examen dará cuenta del resultado de aprendizaje del curso.</p>

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Uso de Material y Equipamiento de Laboratorio	2 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Equipos de medición. 2. Sistemas de conversión de la energía. 3. Convertidores de electrónica de potencia. 4. Normativa eléctrica asociada. 5. Medidas de seguridad.	Al final de la unidad se espera que el estudiante: 1. Domine las normas de seguridad, los equipos de control y medición requeridos en las distintas experiencias de laboratorio.	[1] Cap. 13, 19

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Transformador de Poder	2 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Modelo de transformadores trifásicos de poder de dos y tres enrollados. 2. Determinación de los parámetros que definen el funcionamiento en vacío y con carga de los transformadores. 3. Distintos tipos de conexiones (primario, secundario, terciario), desfase, polaridades. 4. Regulación y eficiencia de un transformador trifásico. 5. Evaluación de operación para distintos tipos de carga equilibrada. 6. Evaluación de corrientes y tensiones armónicas.	Al final de la unidad se espera que el estudiante: 1. Determine los parámetros de un transformador a través de ensayos. 2. Evalúe experimentalmente para distintas aplicaciones en sistemas eléctricos de potencia, las conexiones y desempeño de un transformador.	[1] Cap. 5

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Operación de un Sistema Eléctrico de Potencia	2 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Modelo estacionario de la red (línea de transmisión corta, transformadores, consumos eléctricos, sistema equivalente, barra infinita). Métodos de flujo de potencia (acoplamiento P-δ, Q-V). Métodos de regulación de tensión. Distintos niveles de carga en el sistema. Estimadores de estado. 	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Aplique en una experiencia real el modelo de una red operando en estado estacionario, a través de la representación de sus distintos componentes. Determine el estado de operación de la red. Explique que el cambio de las variables de estado para distintas condiciones de carga. 	[1] Cap. 7, 8

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Generador Síncrono Operando en Sincronismo	3 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<ol style="list-style-type: none"> Modelo de conversión de energía hidráulica a energía eléctrica. Modelo de generador síncrono de rotor cilíndrico y características constructivas. Control de velocidad y de excitación. Operación en isla. Sincronización al sistema eléctrico (caso 1: diferencia mínima de tensión y desfases, caso 2: frecuencia y voltaje dentro de rangos de 3% y 10% respectivamente). Análisis para distintas condiciones de operación de generador síncrono de la central (torque constante/excitación variable, torque variable/excitación constante, cambios de niveles/tipos de consumo, desconexión intempestiva, límite de estabilidad permanente). Medición de calidad de suministro. <p><i>Nota: alternativamente los contenidos y aprendizaje de esta experiencia pueden alcanzarse a través de una experiencia de laboratorio con características similares.</i></p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Reconozca las características constructivas de este tipo de centrales e implemente procedimientos y esquemas de control que permitan sincronizar una unidad microhidráulica a un sistema eléctrico. Calcule el desempeño de la unidad bajo distintas condiciones de operación. En particular, podrá medir y evaluar la calidad de suministro entregada a las cargas o la red. 	[1] Cap. 3

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
5	Sistema Fotovoltaico	2 Semanas	
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía	
1. Modelo de celda fotovoltaica. 2. Modelo de arreglo de celda. 3. Sistema inversor con capacidad de sincronización a la red eléctrica. 4. Concepto de máxima transferencia de potencia aplicado a paneles solares. 5. Metodologías de medición y tarificación de la energía inyectada. 6. Medición de calidad de suministro. <i>Nota: alternativamente los contenidos y aprendizaje de esta experiencia pueden alcanzarse a través de una experiencia de laboratorio con características similares.</i>	Al final de la unidad se espera que el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprenda, cómo modelar y utilizar un sistema fotovoltaico. 2. Ejecute los procedimientos de sincronización al sistema eléctrico a través de un sistema inversor. 3. Opere el sistema de modo que se transfiera la máxima potencia disponible a la red. 		

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
6	Regulación de Tensión	3 Semanas	
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía	
1. Modelo de línea de transmisión mediana y diagrama de círculo. 2. Modelo de máquina de inducción de jaula de ardilla y de rotor bobinado. 3. Cálculo en por unidad de sistema representado. 4. Modelo y operación de transformador con cambio de derivación y compensador estático de reactivos. 5. Evaluación de distintas condiciones de operación de la máquina de inducción operando como consumo. 6. Esquemas de regulación de tensión e índices de calidad asociados.	Al final de la unidad se espera que el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Solucione la problemática de regulación de tensión de un consumo variable abastecido por una línea de transmisión mediana. 2. Utilice un compensador estático de reactivos, bancos de condensadores, bancos de reactores y cambios de derivación de un transformador. 3. Mida el efecto de la operación como consumo de una máquina de inducción bajo distintas condiciones de operación. 	[1] Cap. 4, 7, 8	

Bibliografía

Bibliografía Básica

- [1] BROKERING, W., PALMA, R., VARGAS, L. *Ñom Lufke (Rayo Domesticado) o Los Sistemas Eléctricos de Potencia*. Prentice Hall, Pearson Education, 2008.
- [2] *Guía de Laboratorio de Sistemas de Energía*. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile, 2009.
- [3] ROMO, J., VARGAS, L., ET AL. *Apuntes de Conversión Electromecánica de la Energía*. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile, 2006.

Bibliografía Complementaria

- [4] FITZGERALD, A.E., KINGSLEY, CH., UMANS, S. *Máquinas Eléctricas*. Mc Graw-Hill, Interamericana, 2004.
- [5] Manuales Lucas – Nülle.

Vigencia desde:	1 de Marzo 2009
Elaborado por:	Rodrigo Palma Jorge Romo Nelson Morales Luis Vargas