FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL6013	Puesta a tierra de Instalaciones Eléctricas y Electrónicas			
Nombre en Inglés				
Electrical and Electronic Grounding				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	4	2	4
Requisitos			Carácter del Curso	
EL4103 Sistemas de Energía y Equipos Eléctricos			Electivo de Línea de Especialización en Equipos y Dispositivos Eléctricos	

Resultados de Aprendizaje

Al final del curso, se espera que el estudiante:

Aplique métodos y técnicas para proyectar, diseñar, analizar y mantener puestas a tierra en instalaciones eléctricas, de acuerdo a sus características específicas (de potencia, HVDC, en instalaciones mineras, de telecomunicaciones, computacionales, sistemas electrónicos), incorporando aspectos constructivos, de seguridad, compatibilidad y reglamentarios.

Metodología Docente	Evaluación General
a) Clases expositivas-participativas b) Actividades prácticas en terreno: medida de resistividad de terreno y medida de resistencia de puesta a tierra c) Elaboración de programas computacionales para aplicación de métodos de análisis	Se realizan 3 controles, 5 tareas (algunas computacionales) o ejercicios y el examen correspondiente. Para la nota final, los controles, incluyendo la nota de examen, se ponderan con un 66,66% y el promedio de tareas o ejercicios con un 33,33%

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Aspectos básicos	3

Contenidos	Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.- Objetivos y necesidad de una puesta a tierra, clasificación; requisitos; definiciones.	El estudiante: 1. Comprende la necesidad de los sistemas de puesta a tierra.	[1] Cap.1 [2] Cap. 10
2- Conducción eléctrica en el terreno: Medición de resistividad del terreno: Métodos de Schlumberger y Wenner. Perfil y sondeo eléctrico. Interpretación de curvas de terreno mediante curvas patrón. Reducción a resistividad equivalente. Práctica de Medición.	2. Aplica métodos de medición de resistividad de terreno 3. Interpreta la curva de terreno para generar el modelo geo-eléctrico del mismo	[1] Cap. 2 [2] Cap. 12 [1] Cap. 2 [2] Cap. 12
3.- Límites y efectos de la circulación de corriente por el cuerpo humano. Impedancia del cuerpo humano. Efectos del paso de corriente eléctrica por el cuerpo humano. Diferencias de potencial en puestas a tierra; voltajes de paso y contacto, Voltajes tolerables. Efecto de resistividad superficial del terreno. Contactos directos, contactos indirectos.	4. Evalúa condiciones de seguridad en puestas a tierra según límites tolerables por el ser humano	[1] Cap. 3 [2] Cap. 5,6,8

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Proyecto y diseño de puestas a tierra	5

Contenidos	Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.- Método general para cálculo de potenciales y corrientes. Método general para cálculo de resistencia. Cálculo de resistividad equivalente	El estudiante: 1.- Comprende la estructura de los métodos de análisis general para cálculo de potenciales, corrientes y resistencia de puesta a tierra.	[1] Cap. 4 [2] Cap.9
2.- Diseño de Electrodos elementales y electrodos compuestos. Diseño de Mallas de tierra.	2.- Aplica técnica para reducir el terreno estratificad a un modelo de terreno homogéneo equivalente.	[1] Cap. 2 [2] Cap. 13
3.- Métodos de análisis aproximado para frecuencia industrial propuesto por IEEE-80: resistencia de puesta a tierra, potencial de paso y de contacto, potencial transferido. Interconexión de puestas a tierra.	3.- Diseña y evalúa el comportamiento de Electrodos elementales, electrodos compuestos y mallas de puesta a tierra aplicando métodos de análisis aproximado en: - baja frecuencia,	
4. Puesta a tierra en alta frecuencia: Comportamiento de electrodos en alta frecuencia. Cálculo de parámetros de una malla. Métodos de análisis general y aproximado.	- en alta frecuencia y - frente a descargas de rayo.	[1] Cap. 4 [3] Cap. 4 [2] Cap. 16 [4] Cap. 3
5.- Puestas a tierra para descargas de rayo. Comportamiento de electrodos con descargas de rayo.		[1] Cap. 5 [1] Cap. 6
6. Construcción de puestas a tierra: Tipos de materiales; tipos de uniones. Determinación de la sección de los conductores. Mejoramiento de la resistividad del terreno.	2.- Diseña sistemas de electrodos en función de requerimientos específicos	[1] Cap. 10 [4] Cap. 3, 5
7. Medición de resistencia de puesta a tierra: Método clásico de medición. Método alternativo. Medición en instalaciones energizadas. Seguridad en la medida.	3.- Aplica métodos de medida de resistencia de puesta a tierra en baja frecuencia y de potenciales de paso y contacto.	[1] Cap. 11 [4] Cap. 3, 5 [2] Cap. 18
8. Medición de potenciales sobre el terreno: Medición de potenciales de paso y contacto. Práctica de medición de resistencia de puesta a tierra.		[1] Cap. 12 [5] Cap. 8,9

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Puestas a tierra de instalaciones específicas	6

Contenidos	Resultado de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Técnicas de puesta a tierra de neutro en baja tensión: TN, TT, IT 2. Técnicas de puesta a tierra en sistemas de potencia: Neutro sólido a tierra. Neutro a tierra mediante impedancia. Neutro no puesto a tierra. Efecto de conexión de neutro: sobrecorrientes y sobrevoltajes, continuidad de servicio. 3. Puesta a tierra en instalaciones mineras. Proposición IEEE 4. Puesta a tierra en HVDC: características de electrodos: diseño por condiciones de seguridad y elevación de temperatura en terreno. 5. Puesta a tierra de sistemas computacionales y de telecomunicaciones: Interferencia Electromagnética en Equipo Electrónico Sensible y Técnicas de Control. Acoplamiento conductivo, capacitivo e inductivo. Técnicas de mitigación.	El estudiante: 1.- Aplica técnicas para proyectar puestas a tierra en instalaciones de acuerdo a sus características específicas: - de baja tensión, - de potencia, - en instalaciones mineras, - en HVDC, - electrónicos, en alta frecuencia, de telecomunicaciones, computacionales	[1] Cap. 7 [7] Completo [1] Cap. 7 [3] Cap. 1 [1] Cap. 8 [3] Cap. 1 [1] Cap. 9 [6] Completo

Bibliografía General
Bibliografía Básica: [1] Nelson Morales O. " Apuntes curso Puesta a Tierra" , en U-cursos [2] IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding [3] IEEE Standard 142-2007 Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems. [4] IEEE Standard 1100 – 2005 Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment [5]EEE Standard 81-1983 Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground systems. Bibliografía Complementaria: [6] CIGRE Working Group, General Guidelines for the Desing of Ground Electrodes for HVDC Links, 1998. [7] CT-172 Los esquemas de conexión a tierra en BT (regímenes de neutro) Cuaderno Técnico 172 Schneider Electric [8] Norma Nch. Elec. 4/2003 Electricidad. Instalaciones interiores en baja tensión. [9] Norma chilena NSEG 5 E.N. 71 Instalaciones eléctricas de corrientes fuertes. [10] Sunde D. Erling: "Earth Conduction Effects in Transmission Systems". Dover Publication Inc, New York, 1968. [11] Bridges J.E. et all: Electrical Shock Safety Criteria". Pergamon Pres, 1985. [12] Wait R. James: "Geo-Electromagnetism". Academic Press, 1982

Vigencia desde:	Agosto 2013
Elaborado por:	Nelson Morales
Revisado por ADD	