

# SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Electrificación rural, centrales de generación, subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y distribución, call y data centers, edificios de vivienda y oficinas, centros comerciales e industrias.

## INTRODUCCIÓN

**E**ste curso provee a los participantes del conocimiento y las técnicas del estado del arte en lo relativo a Sistemas de Puesta a Tierra. El desarrollo del contenido se fundamenta en la última versión de prácticas recomendadas y normas Internacionales de reconocido prestigio y aceptación, tales como: IEEE, NFPA 70, IEC y BS para su aplicación en Utilities, Oil&Gas, Instalaciones Eléctricas Industriales, Comerciales y de edificios de viviendas, así como en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Generación, Transmisión y distribución de la Energía Eléctrica.

**L**os participantes tendrán la oportunidad de concluir su curso con formación académica teórica que les permitirá de manera práctica mejorar los sistemas de puesta a tierra de las instalaciones eléctricas que les compete, al adquirir conocimientos sobre puestas a tierra de baja frecuencia, necesidad de conexión a tierra, seguridad, y riesgos asociados en distintas configuraciones de los sistemas eléctricos con o sin falla, régimen de neutro y métodos de cableado de este y las puestas a tierra. También será muy interesante aprender sobre el comportamiento del sistema de tierra ante condiciones de falla y de qué manera se minimizan los riesgos en estas condiciones. Recordemos que el instructor es especialista en instalaciones eléctricas de baja y media tensión con experiencia en la industria petrolera y cementera, asociadas a sistemas eléctricos de alta tensión, y sobre todo, con experiencia docente en educación superior de nivel de postgrado. Además, tiene experiencia en análisis y diseño para sistemas de transmisión de alta tensión: subestaciones eléctricas y líneas de transmisión.

**L**os participantes, además, luego de los temas anteriores pasarán a la fase de aprendizaje de criterios de diseño de sistemas de puesta a tierra, ubicando los puntos de conexión, asumiendo fuente única, en sistemas de múltiples fuentes, para generadores industriales, casas de máquinas y subestaciones elevadoras en centrales de generación, subestaciones industriales, centros comerciales, edificios de apartamentos, estaciones de telecomunicaciones, centros de datos, call centers, etc. Y luego, accederán al diseño de redes de tierra, desde la definición de los electrodos de tierra hasta el procedimiento de diseño de la malla de tierra, pasando por el modelado del suelo, evaluando la resistencia de la puesta a tierra, calculando la corriente de falla, el dimensionamiento de los conductores y aplicando los criterios de voltajes de toque, de paso y transferidos y los voltajes de retícula y de paso desarrollados por el arreglo hasta converger en el diseño y cálculo propiamente dicho. Habiendo adquirido los

## PRODUCTOS Y SERVICIOS ELÉCTRICOS

Ciudad San Cristóbal, Mixco, Guatemala

conocimientos de cómo se diseña y calcula una red de tierras, se procede al aprendizaje de cómo se mide la resistencia del sistema de puesta a tierra en sistemas pequeños y medianos, con información de cómo se miden los sistemas grandes.

**P**ero como los sistemas de puesta a tierra no existen aislados sino son parte de los sistemas eléctricos de potencia (desde la generación, hasta los sistemas industriales, pasando por los sistemas de transmisión y distribución) lo procedente es pasar a analizar y hacer consideraciones de, por ejemplo, el cableado y la puesta a tierra, seguridad y operación de los dispositivos de protección, control de ruido, grounding and bonding, problemas típicos, soluciones a los problemas. Luego, se está listo para pasar a aprender a cómo hacer una auditoría de los sistemas de puesta a tierra.

**F**inalmente, se analizan redes de puesta a tierra para alta frecuencia. Comportamiento ante el impulso, impedancia de impulso, puesta a tierra para salas de computadoras, puesta a tierra de sistemas sensibles, puesta a tierra de sitios de telecomunicaciones, subsistemas exterior e interior.

## OBJETIVOS

- Proveer al participante de los conceptos y técnicas que fundamentan los aspectos teóricos y prácticos que conforman un sistema de puesta a tierra, basándose en el estado del arte establecido en prácticas recomendadas y normas tanto nacionales como internacionales considerando prácticas IEEE, ANSI e IEC.
- Al finalizar el curso, los participantes van a disponer de conocimientos y herramientas que le permitirán efectuar diseño de proyectos nuevos, e inspección, evaluación y mantenimiento de puestas a tierra existentes para realizar las correcciones que sean necesarias,
- Adquirir la capacidad de evaluar, seleccionar y supervisar a las empresas que les prestan servicios de puestas a tierra, desde el diseño, la selección de equipos y materiales hasta su construcción pasando por la metodología correcta de medición
- Dotar de conocimientos a los participantes para lograr un buen entendimiento con los seguros que a veces exigen alcanzar ciertas condiciones que resultan onerosas y que son innecesarias.

## A QUIÉN VA DIRIGIDO

- Se propone un contenido que ha sido desarrollado con alto nivel técnico dirigido a ingenieros y técnicos electricistas, ingenieros y técnicos de comunicaciones y áreas afines que se desempeñan en labores de Diseño, Montaje, Construcción de Redes y Sistemas Eléctricos de BT, MT y AT, Instalaciones y Obras Eléctricas Industriales, Comerciales y Residenciales, Mantenimiento, Supervisión y Control Técnico y que laboran en empresas de generación, empresas transportistas, empresas comercializadoras, empresas distribuidoras, empresas industriales, entidades de regulación y administradores u operadores del mercado eléctrico, locales o regionales, empresas aseguradoras y empresas de consultoría. Va dirigido, además, a ingenieros docentes e investigadores de universidades e institutos de educación superior e institutos de investigación,

## **METODOLOGÍA: CURSO EN LÍNEA**

La capacitación se desarrollará a través de clases magistrales a distancia o en línea.

Duración: 40 horas académicas.

Material del curso: Los participantes recibirán el manual de texto de SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA, cuyo autor es el instructor del curso y material de consulta.

## **CONSTANCIA DE PARTICIPACION**

Cada participante recibirá una constancia (diploma) de participación con firma escaneada.

### **NOTA**

La realización del curso está sujeta a cupo mínimo.

## **CONTENIDO DEL CURSO**

### **1. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

### **2. PUESTA A TIERRA DE BAJA FRECUENCIA**

#### **2.1 NECESIDAD DE CONEXIÓN A TIERRA-SEGURIDAD**

- 2.1.1 Riesgo Asociado a las Fallas Eléctrica
- 2.1.2 Riesgo asociado a sistema eléctrico aislado de tierra.
- 2.1.3 Riesgo asociado a sistema eléctrico conectado a tierra
- 2.1.4 Efecto de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

#### **2.2 NECESIDAD DE CONEXIÓN A TIERRA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL SISTEMA**

- 2.2.1 Consideraciones Generales
- 2.2.2 Factores que influyen en la selección del régimen de neutro en el sistema.
- 2.2.3 Tendencias en la conexión del neutro del sistema.
- 2.2.4 Régimen de neutro – Prácticas ANSI/NFPA
- 2.2.5 Prácticas IEC: régimen de neutro y métodos de cableado de tierra en Sistemas de baja tensión.
- 2.2.6 Relé de control de aislamiento.

**PRODUCTOS Y SERVICIOS ELÉCTRICOS**

Ciudad San Cristóbal, Mixco, Guatemala

- 2.2.7 Requisitos de conexión a tierra según NTF-200-CEN
- 2.2.8 Necesidad de conexión a tierra del neutro: conclusiones

**2.3 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ANTE CIRCULACIÓN DE CORRIENTE DE FALLA**

- 2.3.1 Resistencia de tierra
- 2.3.2 Resistencia mutua entre electrodos de tierra
- 2.3.3 Potenciales de tierra de un electrodo hemisférico
- 2.3.4 Potencial superficial de un sistema de electrodos de conexión a tierra (SECT)
- 2.3.5 Voltaje de paso, voltaje de contacto y voltaje transferido.
- 2.3.6 Distribución de corrientes de falla

**3. EL SUELO COMO CONDUCTOR DE ELECTRICIDAD**

- 3.1. Tipo de suelos – influencia en la resistividad
- 3.2. Conducción eléctrica en el suelo
- 3.3. Efecto del contenido de humedad y sales minerales en el suelo
- 3.4. Efecto de la temperatura
- 3.5. Efecto de la granulometría del suelo
- 3.6. Efecto de la compactación del suelo
- 3.7. Efecto de la estratigrafía del suelo.

**4. DISEÑO DE REDES DE TIERRA**

- 4.1. Naturaleza de la interfase de conexión a tierra.
- 4.2. Consideraciones para definir electrodos de tierra
- 4.3. Electrodos de tierra
  - 4.3.1 Tipos de electrodos.
- 4.4. Criterios de diseño
  - 4.4.1 Ubicación de puntos de conexión a tierra en el sistema eléctrico
  - 4.4.2 Conexión a tierra en sistemas eléctricos con fuente única
  - 4.4.3 Conexión del neutro a tierra en sistema con múltiples fuentes.
- 4.5. Conexión a tierra de generadores industriales
  - 4.5.1 Criterios de diseño del sistema de puesta a tierra de la Central de Generación de energía eléctrica
- 4.6. Selección de conductores y conexiones para redes de puesta a tierra
- 4.7. Criterios de selección de componentes del sistema de electrodos de tierra
- 4.8. Cálculo de resistencia a tierra de electrodos simples
- 4.9. Diseño y cálculo de mallas de tierra
  - 4.9.1 Modelo del suelo
  - 4.9.2 Evaluación de la resistencia de puesta a tierra
  - 4.9.3 Corriente de falla
  - 4.9.4 Cálculo de la corriente de falla
  - 4.9.5 Dimensionamiento del conductor
  - 4.9.6 Criterios de voltajes de contacto, de paso y transferido tolerables
  - 4.9.7 Voltajes de retícula y de paso desarrollados por el arreglo
  - 4.9.8 Procedimiento de diseño de la malla de tierra

**PRODUCTOS Y SERVICIOS ELÉCTRICOS**

Ciudad San Cristóbal, Mixco, Guatemala

**5. MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD Y RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA**

- 5.1 Medición de la resistividad del suelo
  - 5.1.1 Método de los tres puntos o método de profundidad
  - 5.1.2 Método de los cuatro puntos.
- 5.2 Interpretación de mediciones de la resistividad del suelo
- 5.3 Definición del modelo del suelo
- 5.4 Equipos de medición de resistividad del suelo
- 5.5 Medición de resistencia de puesta a tierra en sistemas pequeños y medianos.

**6. CABLEADO Y PUESTA A TIERRA**

- 6.1 Razones para efectuar conexión a tierra
  - 6.1.1 Seguridad y operación de dispositivos de protección
  - 6.1.2 Control del ruido
  - 6.1.3 Conexión a tierra vrs. Interconexión.
  - 6.1.4 Problemas típicos en cableados de puesta a tierra
  - 6.1.5 Soluciones a problemas en cableados y de puesta a tierra.

**7. AUDITORÍA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

- 7.1. Evaluación de aspectos constructivos.
  - 7.1.1 Zanjas y tendidos de conductores de tierra
  - 7.1.2 Instalación de conexiones
  - 7.1.3 Auditoría de materiales del sistema de puesta a tierra.
  - 7.1.4 Acondicionamiento y tratamiento del suelo.
- 7.2 Evaluación de aspectos operacionales
  - 7.2.1 Inspección visual
  - 7.2.2 Pruebas

**8. INTRODUCCIÓN A REDES DE TIERRA PARA ALTA FRECUENCIA.**

- 8.1. Evaluación de aspectos constructivos.
- 8.2. Impedancia de impulso
- 8.3. Puesta a tierra de salas de computadoras
  - 8.3.1. Tierra dedicada o tierra cero de sistemas y señales sensibles.
- 8.4. Puesta a tierra en sitios de telecomunicaciones.
  - 8.4.1. Subsistema de tierra exterior
  - 8.4.2. Subsistema de tierra interior
- 8.5. Puesta a tierra en postes y torres de transmisión eléctrica.
  - 8.5.1. Efectos de descargas de eléctricas atmosféricas en torres de transmisión.
- 8.6. Electrodo de puesta a tierra en torres de transmisión
  - 8.6.1. Definición de la topología del electrodo
  - 8.6.2. Comportamiento transitorio de las puestas a tierra en alta frecuencia.
  - 8.6.3. Tipos de electrodos en torres de transmisión.
  - 8.6.4. Prácticas de puesta a tierra en torres de transmisión en distintos países.
- 8.7 Medición de puesta a tierra en torres de transmisión.