



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Y ENERGÍAS LIMPIAS

## Diagnóstico de cables subterráneos

**24 horas**

### Objetivo

Conocer las causas de falla en cables subterráneos y los métodos para diagnosticarlas. Comprende las pruebas de diagnóstico con el cable en operación y con el cable fuera de servicio. Dirigido a especialistas encargados de instalar, poner en servicio, operar y diagnosticar, cables subterráneos con aislamiento sólido o impregnado en aceite de alta tensión, de 5 hasta 400 kV.

### Dirigido

Ingenieros electricistas o afines, que tengan la responsabilidad de la gestión, operación y evaluación de circuitos de cables subterráneos de energía y que desean incrementar sus conocimientos acerca de los sistemas que constituyen a dichos activos y de las técnicas tradicionales y modernas de diagnóstico disponibles.

### Temario

Día 1 (Ing. José Armando Nava/ Dr. Carlos Azcárraga)

Apertura (Todos los instructores)

1. Elementos constructivos de cables subterráneos.
  - 1.1. Conductor
  - 1.2. Pantallas semiconductoras
  - 1.3. Aislamiento
  - 1.4. Cintas bloqueadoras
  - 1.5. Cubiertas
2. Aspectos de almacenamiento e instalación de cables:
  - 2.1. Transporte, recepción y almacenamiento del cable
  - 2.2. Ampacidad y aterrizamiento de pantallas (modelos ATPdraw).
  - 2.3. Mejores prácticas de instalación.
3. Fallas en cables subterráneos
  - 3.1. Defectos de fabricación
  - 3.2. Condiciones anormales de instalación y operación
  - 3.3. Arborescencias
  - 3.4. Daños mecánicos
  - 3.5. Fallas en operación normal, sobrecargas, sobretensiones y cortocircuito
  - 3.6. Fallas durante pruebas de diagnóstico (problemática de Hi-Pot CD vs AC vs VLF)
4. Pruebas de aceptación en cables nuevos

- 4.1. Pruebas con cables fuera de servicio
- 4.2. Normatividad de pruebas
  - 4.2.1. CFE E000-17
  - 4.2.2. IEEE 400
  - 4.2.3. IEC
  - 4.2.4. Recomendaciones Cigré para mediciones en línea de descargas parciales

Día 2 (Ing. José Armando Nava/ Dr. Carlos Azcárraga)

- 5. Requerimientos para pruebas a cables
  - 5.1. Condiciones de seguridad.
  - 5.2. Requerimientos de corriente para fuentes de alimentación y circuitos de prueba.
  - 5.3. Fuentes resonantes.
  - 5.4. Fuentes oscilantes.
  - 5.5. Uso de fuentes de muy baja frecuencia.
  - 5.6. Comparaciones con la operación normal y reportes de sensibilidad para identificar efectos
- 6. Pruebas de evaluación de cables:
  - 6.1. Potencial aplicado.
  - 6.2. Pruebas de impulso.
  - 6.3. Ciclos térmicos y calificación de sistemas de cable, empalme y terminales.
  - 6.4. Pruebas de evaluación fuera de línea.
    - 6.4.1. Factor de potencia (tan delta).
    - 6.4.2. Descargas parciales.
    - 6.4.3. Espectroscopía dieléctrica.
    - 6.4.4. Termografía.
    - 6.4.5. Inspección visual.

- 6.4.6. Medición de corrientes.
- 6.4.7. Análisis en laboratorio de muestras falladas.
- 6.4.8. Mediciones ultravioleta para detección de corona.

- 6.5. Localización de defectos con pruebas fuera de línea
  - 6.5.1. Retos.
  - 6.5.2. Sensibilidad.
  - 6.5.3. Uso de sensores acústicos y electromagnéticos.

- 6.6. Dispositivos de protección.

Día 3 (Ing. José Armando Nava/ Dr. Carlos Azcárraga)

- 7. Mediciones en línea
  - 7.1. Beneficios
  - 7.2. Riesgos y mejores prácticas
    - 7.2.1. Medición de descargas parciales por métodos eléctricos
    - 7.2.2. Métodos acústicos o ultrasónicos (PEA)
  - 7.3. Localización de defectos incipientes
    - 7.3.1. Uso de sensores distribuidos
    - 7.3.2. Pruebas de reflectometría
    - 7.3.3. Sistemas de monitoreo con sensores permanentemente conectados
- 8. Prácticas de laboratorio
  - 8.1. Análisis de muestras falladas.
  - 8.2. Pruebas de Hi-Pot, CA y VLF (tensión aplicada).
  - 8.3. Medición de DP método IEC60270 y UWB.
  - 8.4. Medición de capacitancia y tan delta.
  - 8.5. Prueba de pantalla (CD).



## Instructores



**Dr. Carlos Gustavo  
Azcárraga Ramos**

Doctor en Ingeniería Electrotécnica por la Universidad de Bolonia, Italia; Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con mención honorífica en la SEPI-ESIME del Instituto Politécnico Nacional e Ingeniero Electromecánico (Honores) por el Instituto Tecnológico de Zacatepec. Es Investigador en la Gerencia de Equipos Eléctricos del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL) en el desarrollo de técnicas de alta sensibilidad para el diagnóstico de transformadores de potencia y equipo primario de subestaciones. Representa al INEEL en diversos foros y grupos de trabajo de especialistas nacionales e internacionales.

Es autor y coautor de más de 30 artículos técnicos relacionados con la evaluación del sistema dieléctrico de equipos de alta tensión. Ha liderado varios proyectos para la Comisión Nacional de Electricidad, Pemex y sector privado en el rubro de diagnóstico de equipo de alta tensión y adopción de nuevas tecnologías. Ha dirigido becarios de Adiestramiento en Investigación Tecnológica y tesis de Licenciatura y Maestría.

Cuenta con la certificación en el estándar de competencia del CONOCER EC0217: Impartición de cursos de formación del capital humano presencial grupal.



**Ing. José Armando  
Nava Guzmán**

Ingeniero Electricista egresado del Instituto Tecnológico de Tepic, en julio de 1992. En 1993, ingresó al Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias donde actualmente se desempeña como investigador de la Gerencia de Equipos Eléctricos. Ha participado y dirigido proyectos relacionados con el diagnóstico en línea y fuera de línea de equipo eléctrico instalado en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Petróleos Mexicanos (PEMEX) e industria privada. Cuenta con la certificación en el estándar de competencia del CONOCER EC0217: Impartición de cursos de formación del capital humano presencial grupal.