



Escuela Técnica de Ingeniería

IEEE
CREDENTIALING
PROGRAM

OPERACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN





SOBRE EL PROGRAMA

¿Sabías que, según Kirby, B., la implementación del AGC en el ISO de California, EE. UU., mejoró el indicador de desviación de frecuencia, reduciéndolo de 0.05 Hz a menos de 0.02 Hz?

Estudiar la operación de sistemas eléctricos de potencia es crucial para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia en el suministro de energía. La operación adecuada minimiza riesgos para las personas y optimiza costos asociados a la transmisión y generación eléctrica.

Comprender estos sistemas permite mantener el equilibrio demanda-generación mediante el uso de tecnología avanzada, mejorando la coordinación entre actores del sector energético. Esto asegura una gestión óptima de recursos e infraestructura, manteniendo siempre la seguridad en la operación.

Es por ello que Inel ha diseñado meticulosamente este programa para formar especialistas competentes en la operación de sistemas eléctricos de potencia. ¡Inscríbete ahora y potencia tu crecimiento profesional en esta apasionante área!

No existen requisitos para llevar este programa, aunque se recomienda conocimiento básico en sistemas eléctricos.

Se utilizará el software DigSILENT PowerFactory versión 2022. Inel cuenta con una licencia para el profesor, el alumno tiene que ingresar con licencia propia.



INICIO

19 de noviembre



HORARIO

Martes y jueves:
19:00 - 21:10
(UTC - 05:00)



DURACIÓN

44 horas
cronológicas



MODALIDAD
100% Online
Síncrona

PROPUESTA DE VALOR





Al finalizar el programa de especialización el alumno será capaz de:

OBJETIVOS

Conocer los fundamentos de la operación en tiempo real en los sistemas eléctricos



Explorar en detalle los sistemas SCADA/EMS y los Sistemas de monitoreo de área amplia WAMS como su aplicación

Comprender los fundamentos de control de frecuencia y tensión

Profundizar los fundamentos de monitoreo en tiempo real y la seguridad

Conocer los aspectos tecnológicos en los sistemas eléctricos de potencia

Aplicar las normativas y regulaciones pertinentes para garantizar la operación de un SEP

A QUIÉN VA DIRIGIDO



El programa de especialización está dirigido a las personas que desean convertirse en profesionales cualificados en la operación de sistemas eléctricos de potencia.



Ingenieros en posiciones senior y junior con responsabilidad de desempeñar un papel crucial para asegurar la adecuada operación en los sistemas eléctricos de potencia.

Ingenieros de proyectos eléctricos, ingenieros consultores en sistemas eléctricos, ingenieros especialistas en gestión de operación en sistemas de potencia, ingeniero de mantenimiento y operación en sistemas eléctricos.

Perfiles técnicos que buscan adquirir una visión global de las operaciones en sistemas de potencia.



ESTRUCTURA CURRICULAR

Módulo I: Introducción a la operación y supervisión de un SEP (2 horas cronológicas)

Aprenderás los fundamentos de la operación y supervisión de un sistema eléctrico de potencia.

Sesión 1

- Introducción y generalidades
- Normativas internacionales y locales de referencia
- Criterios técnicos de la operación
- Planeación de la operación
- Niveles de operación
- Estados operativos de un sistema eléctrico de potencia
 - Estado normal
 - Estado de alerta
 - Estado de emergencia
 - Estado extremo
 - Estado restaurativo
- Consciencia situacional de la operación
- Aplicación real: Sistema SCADA supervisando una red en tiempo real

Módulo II: Control de la frecuencia en sistemas de potencia (4 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el control de la frecuencia en un sistema eléctrico de potencia

Sesión 2

- Introducción y generalidades
 - Cargas de un sistema de potencia
 - Reguladores de velocidad y turbinas de centrales hidráulicas
 - Reguladores de velocidad y turbinas de centrales térmicas
 - Controladores de centrales de generación renovable
 - Control automático de generación
- Sistemas de control de frecuencia
 - Control primario de frecuencia
 - Control secundario de frecuencia
 - Control terciario de frecuencia
- Cuatro etapas ante un desbalance de carga-generación
 - Etapa I – Oscilación de los rotores
 - Etapa II – Caída de la frecuencia (inercia)
 - Etapa III – Control primario
 - Etapa IV – Control secundario

- Control primario de frecuencia
 - *La importancia de la reserva rotante*
 - *Esquemas de rechazo de carga/generación por frecuencia*
- Control secundario de frecuencia

Sesión 3

- Casos de pérdida de estabilidad de frecuencia
- Plan de defensa ante problemas de inestabilidad de frecuencia
- Ejercicio ilustrativo en DlgSILENT PowerFactory – Sistema de 4 áreas
 - *Desconexión de generación*
 - *Desconexión de área*
 - *Rechazo de carga*
 - *Variación de la inercia*
 - *Variación de la regulación primaria de frecuencia*
 - *Dependencia de la carga con la frecuencia*
- Aplicación real propuesta
 - *Casos reales de activación del esquema de rechazo automático de carga por mínima frecuencia (ERACMF)*
 - *Evaluación del desempeño del ERACMF*

Módulo III: Control de la tensión en sistemas de potencia (6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el control de la tensión en sistemas eléctricos de potencia.

Sesión 4

- Generación y consumo de potencia reactiva
- Métodos de control de tensión
- Reactores shunt
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicación real de reactor shunt en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*
- Capacitores shunt y serie
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicaciones reales de capacitores shunt y serie en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*
- Condensadores síncronos
 - *Principio de funcionamiento*

- *Aplicación real de condensador síncrono en el sistema de prueba con DlgSILENT PowerFactory*

- SVC y STATCOM
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicaciones reales de SVC y STATCOM en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*

Sesión 5

- Sistemas flexibles - FACTS
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicaciones reales de FACTS en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*
- Regulador automático de tensión (AVR)
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicaciones reales de AVR en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*
- Transformadores con regulación bajo carga (OLTC)
 - *Principio de funcionamiento*
 - *Aplicaciones reales de OLTC en sistemas de prueba con DlgSILENT PowerFactory*
- Conceptos básicos de estabilidad de tensión
 - *Características del sistema de transmisión*
 - *Características del generador*
 - *Características de la carga*
 - *Características de equipos de compensación reactiva*
- Colapso de tensión
- Análisis de estabilidad de tensión

Sesión 6

- Ejercicio ilustrativo en DlgSILENT PowerFactory – Sistema de 4 áreas
 - *Simulación de curvas PV*
 - *Simulación de curvas QV*
- Casos de pérdida de estabilidad de tensión
- Medidas de prevención de colapsos de tensión
- Aplicación real en operación: Caso real de pérdida de estabilidad de tensión en el SEIN

Módulo IV: Monitoreo en tiempo real y estimación de estados (4 horas cronológicas)

Aprenderás a monitorear en tiempo real y realizar la estimación de estados

Sesión 7

- Función del operador en un sistema de monitoreo
- Proceso para el monitor de un sistema de potencia
- Tecnología para el monitoreo de un sistema de potencia
- Requisitos y técnicas de medición en sistemas de potencia
- ¿Por qué hacer estimación de estados?
- Desafíos en la medición (desde la empresa eléctrica)
- Identificación de datos erróneos

Sesión 8

- Desafíos en el análisis estadístico y datos (desde el operador)
- Método de estimación de estados
 - *Método de los mínimos cuadrados*
- Algoritmo de la estimación de estados
- Aplicación real en operación: Resultados del Estimador de Estado, sobre la base de datos de un sistema de potencia de prueba

Módulo V: Aspectos tecnológicos para la operación en tiempo real (6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre las nuevas tecnologías para la optimización de datos

Sesión 9

- Introducción y generalidades
- Sistemas SCADA/EMS
 - *Funciones*
 - *Arquitectura en hardware y software*
 - *Protocolos de comunicación*
 - *Implementación de sistemas SCADA/EMS*
- Introducción a los PMUs

Sesión 10

- Sistemas de automatización de subestaciones
 - *Arquitectura en hardware y software*
 - *El estándar IEC 61850*
 - *Redes de comunicación para subestaciones*
 - *Conexión con el sistema SCADA/EMS*
- Ciberseguridad en sistemas de potencia
 - *Anatomía de un ciberataque*
 - *Estrategias de seguridad defensivas*
 - *Conceptos básicos de redes Ethernet*
 - *Seguridad de redes*
 - *Estándares y regulaciones*
 - *Criptografía*
- Subestaciones digitales
 - *Ventajas de subestaciones digitales*
 - *Componentes: IEDs, RTUs, SAS, etc*
 - *Funcionalidades*
 - *Implementación de subestaciones digitales*

Sesión 11

- Tendencias en los centros de control
 - *Factores que impulsan el cambio*
 - *IoT y sensores inteligentes*
 - *Inteligencia artificial y aprendizaje automático para toma de decisiones*
 - *Big data y análisis de datos*
 - *Realidad virtual y aumentada para la visualización y operación de sistemas*
- Gemelos digitales/Twin digital
 - *Elementos de un Twin Digital*
 - *Beneficios del Twin Digital*
 - *Aplicaciones del Twin digital*
- Simulaciones RTDS
- Aplicación real en operación: Funcionalidades y aplicaciones de un sistema de control en un tiempo real

Módulo VI: Sistemas de monitoreo de área amplia - WAMS (6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el sistema de área amplia en un sistema eléctrico.

Sesión 12

- Introducción y generalidades
- Tecnología de medición sincrofasorial

- *Definición de sincrofasor*
- *Unidades de medición sincrofasorial (PMUs)*
- *Método de cálculo de fasores y transformada discreta de Fourier.*
- *Cálculo a partir de señales de tensión y corriente*
- Arquitectura del sistema WAMS

Sesión 13

- Descripción de componentes
- Sistema de comunicaciones WAMS
- Integración de sistemas SCADA/EMS y WAMS
- Implementación de sistemas WAMS

Sesión 14

- Retroalimentación parcial del proyecto final

Sesión 15

- Aplicaciones de sistemas WAMS
 - *Monitoreo y control en tiempo real*
 - *Estimación de estado del sistema*
 - *Análisis de eventos*
- Planificación de red
- Aplicaciones avanzadas de WAMS
 - *Pruebas de modelos dinámicos*
 - *Ajuste y pruebas de controladores*
- Aplicación real en operaciones: Funcionalidades y aplicaciones de un sistema WAMPAC

Módulo VII: Seguridad operativa de sistemas eléctricos de potencia (4 horas cronológicas)

Aprenderás sobre la seguridad operativa, así como los requisitos correspondientes.

Sesión 16

- Introducción y generalidades
- Requisitos de seguridad
- Limitaciones y factores que afectan al sistema de potencia
- Factores que influyen la seguridad de

sistemas de potencia

- Análisis de seguridad estática
 - *Análisis de contingencias*
 - *Detección de problemas en la red*
 - *Factores de sensibilidad lineal*
 - *Definición de contingencias*
 - *Selección de contingencias*
 - *Evaluación de las contingencias*

Sesión 17

- Análisis de seguridad dinámica
 - *Estabilidad transitoria*
 - *Estabilidad de frecuencia*
 - *Estabilidad de tensión*
 - *Estabilidad de pequeña señal*
- Implementación de esquemas de acción correctiva
- Planes de contingencia
- Aplicación real en operación: Evaluación de seguridad dinámica en sistemas de potencia de prueba

Módulo VIII: Restablecimiento de sistemas de potencia (4 horas cronológicas)

Aprenderás acerca del restablecimiento de un sistema de potencia

Sesión 18

- Introducción y generalidades
- Tipos y causas de colapsos del sistema
- Técnicas de restablecimiento
- Arranque en negro (black start)
 - *Fundamentos técnicos*
 - *Definición de arranque negro*
 - *Restricciones*
 - *Evaluación de la capacidad de arranque en negro*
 - *Criterios de instalación de nuevos generadores*
 - *Procedimientos operativos*
 - *Aplicación real en áreas operativas del SEIN*
- Restricciones del restablecimiento
 - *Restricciones físicas*
 - *Reconfiguración del sistema*
 - *Restablecimiento de la carga*
 - *Transitorios electromagnéticos durante el restablecimiento*

- *Sobretensiones de maniobra*
- *Energización de transformadores*
- Plan de restablecimiento

Sesión 19

- Evaluación del daño al sistema eléctrico
 - *Análisis de protecciones*
 - *Inspección de instalaciones*
- Identificación de áreas afectadas
 - *Análisis de flujo de carga*
 - *Análisis de contingencia*
 - *Análisis dinámicos*
 - *Análisis de transitorios EMT*
- Proceso de comunicación con los stakeholders
- Coordinación con el operador de red y otras empresas eléctricas
- Metodología para el restablecimiento de un sistema de potencia
 - *Diagrama de flujo del proceso*
 - *Verificación de variables eléctricas*
 - *Verificación de topología y frecuencia*
 - *Localización de fallas*
 - *Restablecimiento de la red*
- Separación controlada del sistema
- Aplicación real en operación: Aplicación del Plan de Restablecimiento en sistema de prueba

Módulo IX: Evaluación de la operación de sistemas de potencia (4 horas cronológicas)

Aprenderás los fundamentos del monitoreo en tiempo real de un sistema de potencia.

Sesión 20

- Introducción y generalidades
- Definición de indicadores de desempeño
- Evaluación de indisponibilidades

Sesión 21

- Evaluación de servicios
- Evaluación de confiabilidad
- Otras evaluaciones
- Aplicaciones reales: análisis post operativo y evaluación de desempeño

Sesión 22

- Retroalimentación final del proyecto final



INSTRUCTORES



Jaime Cepeda

Especialista en Operaciones de sistemas de potencia



Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan - Argentina. Ingeniero Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador.



Especialista en el análisis de estabilidad de sistemas de energía, sistemas de monitoreo de área amplia, evaluación de seguridad y vulnerabilidad de los sistemas energéticos.



Amplia experiencia en el desarrollo de modelos informáticos para el análisis de los datos y detección de anomalías del sistema.



Actualmente instructor de Inel - Escuela Técnica de Ingeniería y es Profesor Universitario en Programas de Maestría y Doctorado en la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador



Diego Echeverría

Especialista en Operaciones de sistemas de potencia



Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan - Argentina. Ingeniero Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador.



Especialista en el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación y estudios especializados sobre sistemas eléctricos de potencia y redes inteligentes.



Amplia experiencia en la elaboración de estudios eléctricos, análisis del sistema eléctrico y en el desarrollo de aplicaciones para simulación de sistemas eléctricos de potencia en tiempo real.



Actualmente instructor de Inel - Escuela Técnica de Ingeniería Gerente Nacional de Desarrollo Técnico del Operador Nacional de Electricidad CENACE, Ecuador.



El participante estará acompañado a lo largo de todo el programa por los docentes y personal de soporte quienes resolverán todas sus dudas y consultas.

MODALIDAD ONLINE

Síncrona o en tiempo real



Metodología

Práctico / Teórico



Aula virtual

Sesiones grabadas y recursos adicionales



Proyecto final con asesoría de los instructor (es)



Certificación

por 44 hrs. cronológicas
válida a nivel internacional

REQUISITOS



Internet con una velocidad mínima de 8 Mbps de descarga y 4 Mbps de subida. Audífono y micrófono operativos.



Audífono y micrófono operativos



Uso de cámara web y pantalla doble opcional, pero recomendado.

METODOLOGÍA Y REQUISITOS



Al finalizar exitosamente el programa de especialización, el alumno recibirá doble certificación, uno por parte de Inel - Escuela Técnica de Ingeniería y otro por IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Requisitos para acceder a la doble certificación:

- Asistencia mínima del 70% a las clases en vivo.
- Nota final de 14 a más.
- Presentación del proyecto final.



DOBLE CERTIFICACIÓN



Certificación válida a nivel internacional que acredita 44 horas cronológicas



IEEE proporcionará un certificado PDH/CEU para este curso. IEEE otorga 4.4 CEU's

INVERSIÓN

Inversión
en Perú

S/

4,130

Inversión
extranjero

US\$

1,090

Aplican descuentos por pago al contado

FINANCIAMIENTO EN PARTES

SIN DESCUENTO

Nota: Consultar por opciones adicionales de financiamiento.

CONTACTO

Ejecutiva
comercial:

**Annel
Pillaca**



annelpillaca@inelinc.com



Teléfono: +51 978 421 697



INSCRIPCIÓN

1

Enviar el comprobante de pago a inel@inelinc.com al realizar el pago.

2

Ingresar sus datos personales y de facturación a https://bit.ly/INEL_Inscripcion_PE_EI_30_24_1

3

Recibirá las instrucciones para el acceso al aula virtual, el contenido del programa estará disponible el día de inicio.

CAPACITACIÓN CORPORATIVA

Mantener a los mejores talentos comprometidos es clave para garantizar que no renuncien o se vayan a un competidor. La razón #1 por la que los empleados dejan las empresas es la falta de desarrollo profesional.

Por ello, en Inel estamos comprometidos con las empresas. Por eso, somos sus socios estratégicos a largo plazo en la formación continua de profesionales, exigida por el contexto actual.

BENEFICIOS



Modalidad online
sincrónica,
asincrónica o inhouse.



**Aumento de la
productividad,**
eficiencia y calidad del
trabajo.



**Capacitación
personalizada**
conforme a los
requerimientos
de la organización.



**Incrementa la
rentabilidad** y
apertura nuevas líneas
de negocio



Mejora y retén el talento
de tu empresa

CONTACTO

**Ejecutiva
comercial:**

Annel Pillaca



 annelpillaca@inelinc.com

 **Teléfono: +51 978 421 697**

An aerial view of a city with a network of glowing blue and green lines overlaid, representing a digital or communication network. The lines connect various points across the city, with some points highlighted in yellow and green. The background shows a dense urban area with tall buildings and a river.

inmel

Escuela Técnica de Ingeniería

