

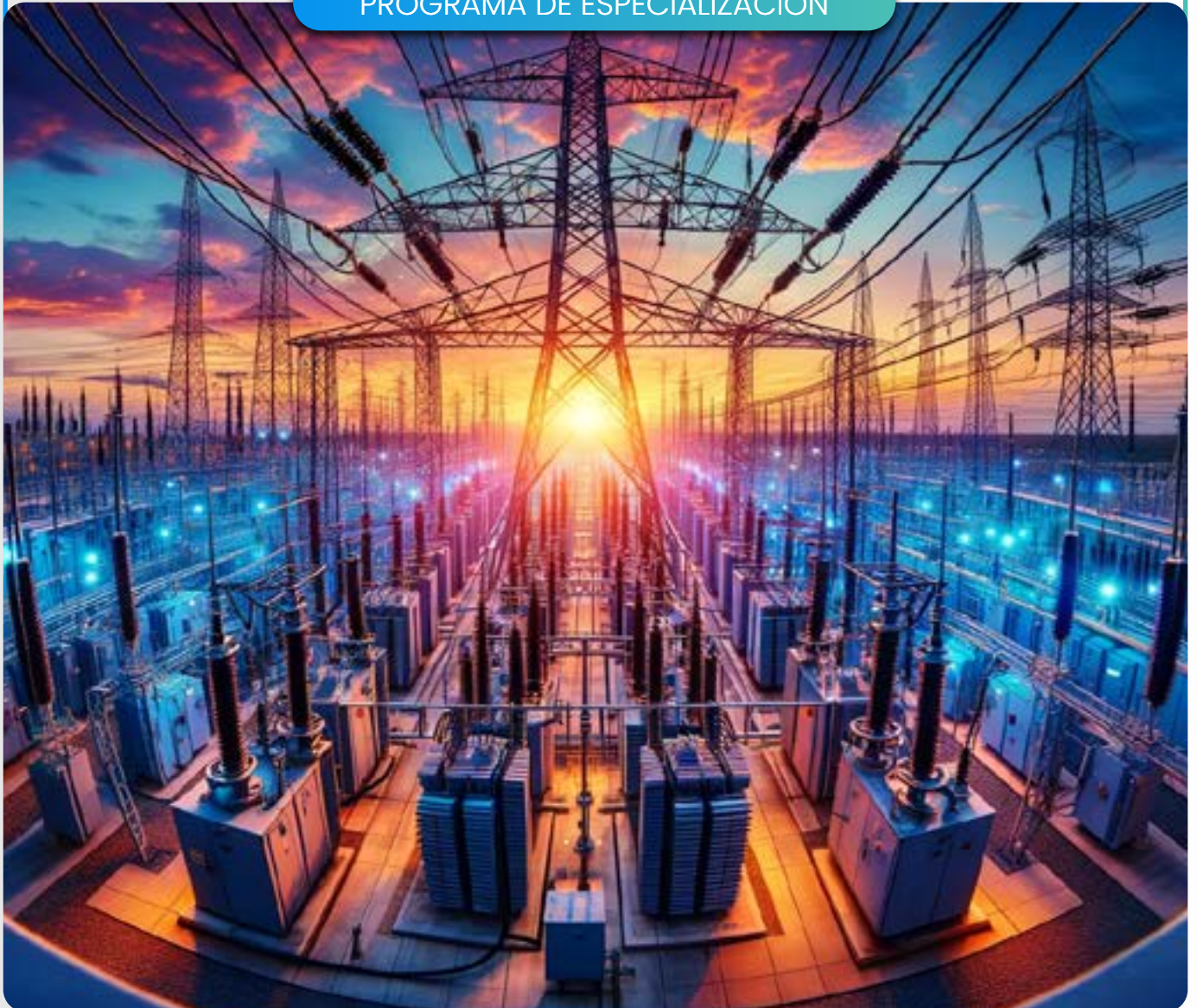


Escuela Técnica de Ingeniería



# PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN





# SOBRE EL PROGRAMA

## ¿Sabías que la protección de los sistemas eléctricos de potencia es tanto una ciencia como un arte?

Según Lewis Blackburn la protección es la ciencia, habilidad y arte de aplicar y configurar relés, para proporcionar la máxima sensibilidad a fallas y condiciones indeseables, pero evitar su operación bajo todas las condiciones permisibles o tolerables.

Aprender esta disciplina es crucial para mantener la estabilidad de la red, garantizar la seguridad, prevenir daños en equipos, mejorar la eficiencia operativa, cumplir normativas y responder a condiciones anormales.

Conscientes de esta necesidad, Inel ha creado meticulosamente un programa para formar especialistas competentes en Protección 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 de sistemas de potencia.*

*La capacitación se realizará con el software PowerFactory versión 2022. Inel cuenta con 1 licencia para los instructores, el alumno debe ingresar con una licencia propia.*



**INICIO**

**24 de junio**



**HORARIO**

Lunes: 19:00 - 21:10  
Sábado: 08:00 - 10:10  
(UTC - 05:00)



**DURACIÓN**

50 horas  
cronológicas



**MODALIDAD**

100% Online  
Síncrona

# PROPUESTA DE VALOR







Al culminar el programa el alumno estará capacitado en



# OBJETIVOS



Aprender los fundamentos y filosofía de las protecciones



Estudiar y aplicar normativas y estándares internacionales



Realizar estudios de coordinación y protección de líneas de transmisión, transformadores de potencia y barras



Realizar estudios de coordinación y protección de generadores síncronos, reactores de potencia y bancos de capacitores



Realizar estudios de protecciones a nivel sistémico



Utilizar herramientas de software especializado de protecciones

# A QUIÉN VA DIRIGIDO



El programa de especialización está dirigido a los siguientes profesionales



Ingenieros de protecciones, ingenieros de estudios en posiciones senior y junior con responsabilidad de realizar, coordinar y revisar los estudios de protecciones de su empresa



Consultores independientes, ingenieros de operación, ingenieros de mantenimiento, ingenieros de proyectos



Perfiles técnicos que desean ser especialistas en protección de sistemas eléctricos de potencia



# ESTRUCTURA CURRICULAR

## Módulo I: Fundamentos de Protecciones (2 horas cronológicas)

*Aprender los fundamentos de protecciones de sistemas eléctricos de potencia*

### Sesión 1

- Introducción y generalidades
- Tipos de relés de protección
- Nomenclatura y códigos ANSI
- Objetivos de un sistema de protección
- Zonas de protección
- Aplicaciones en sistemas de potencia
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Hidroeléctrica de 450 MW EN 220 kV
  - Zonas de protección

## Módulo II: Equipos Asociados al Sistema de Protección (2 horas cronológicas)

*Aprender sobre los equipos asociados al sistema de protección*

### Sesión 2

- Símbolos gráficos e identificación de dispositivos
- Interruptores de potencia
- Transformadores de corriente
- Transformadores de tensión
- Enlaces de comunicaciones
- Fuentes de alimentación auxiliar
- Cableados de control
- Aplicación en proyecto real 2 – Subestación de 260 MVA en 220 kV
  - Creación de transformadores de instrumentación en PowerFactory.
  - Cálculo de saturación de transformadores

## Módulo III: Protección de Generadores Síncronos (12 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de coordinación de protecciones de generadores síncronos*

### Sesión 3

- Fundamentos técnicos
  - Máquina síncrona
  - Principio de funcionamiento

- *Características del generador*
- *Corriente de cortocircuito del generador*
- *Puesta a tierra de generadores*
- Normativas y estándares internacionales
  - *IEEE C37.101-2006*
  - *IEEE C37.102-2006*
  - *IEEE C37.106-2006*
  - *Normativas complementarias (IEEE, IEC, NERC)*
- Esquemas de protección
- Criterios para el ajuste y coordinación de protección

## Sesión 4

- Protección diferencial del generador 87G
- Protección de respaldo (51V,21)
- Protección de falla a tierra (64G, 64F)
- Protección de secuencia negativa (46)
- Protección del devanado de campo
- Protección de sobre excitación (24)
- Protección contra pérdida de sincronismo (78)
- Protección contra pérdida de excitación (40)
- Protección de potencia inversa (32)

## Sesión 5

- Protección 27/59, 81 U/O, 59N, 50BF, 49, 67, 25
- Desarrollo de un estudio de protección de generadores síncronos
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 3 – Central hidroeléctrica de 65 MVA en 220 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones de generador- parte 1*

## Sesión 6

- Aplicación en proyecto real 3 – Central hidroeléctrica de 65 MVA en 220 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones de generador – parte 2*

## Sesión 7

- Aplicación en proyecto real 4 – Central hidroeléctrica de 11 MVA en 60 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones*

## Sesión 8

- Aplicación en proyecto real 5 – Central térmica de 232 MVA en 500 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones*

## Módulo IV: Protección de Transformadores de Potencia (8 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de coordinación de protecciones de transformadores de potencia*

## Sesión 9

- Fundamentos técnicos
  - *Clasificación de transformadores de potencia*
  - *Características técnicas de los transformadores*
  - *Fallas de transformadores*
- Normativas y estándares internacionales
- Esquemas de protección
- Criterios para el ajuste y coordinación de protección
- Protección de sobrecorriente de fase y tierra (50/51, 50N/51N, 50G/51G)

## Sesión 10

- Protección diferencial de transformadores 87T y 87G
- Protección de secuencia negativa (46)
- Protección contra sobreexcitación (24)
- Protección contra sobrecarga (49)
- Protección mecánica de transformadores

- *Relé de acumulación de gas*
- *Relé detector de gas*
- *Relé de presión*
- Protecciones 64G, 27/59, 81 U/O, 50BF

## Sesión 11

- Desarrollo de un estudio de protección de transformadores de potencia
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos de estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 6 – Transformador de 12,5 MVA de 11 MVA en 138 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones – parte 1*

## Sesión 12

- Aplicación en proyecto real 6 – Transformador de 12,5 MVA en 138 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones – parte 2*
- Aplicación en proyecto real 7 – Transformador de 45 MVA en 60 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones*

## Sesión 13

- Retroalimentación parcial

## Módulo V: Protección de Líneas de Transmisión (10 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de coordinación de protecciones de líneas de transmisión*

### Sesión 14

- Fundamentos técnicos
- Normativas y estándares internacionales
- Esquemas de protección
- Criterios para el ajuste y coordinación de protección

### Sesión 15

- Protección de distancia de fases y tierra (21, 21N)
- Protección diferencial de línea (87L)

### Sesión 16

- Protección de sobrecorriente direccional de tierra (67N)
- Protección de oscilación de potencia (68)
- Protección de recierre (79)
- Cierre sobre falla (SOTF)
- Protecciones 74, 59/27, 25, 78, LF, PMU, RF, DP, 85, STUB
- Esquemas de teleprotección
- Protección de líneas con compensación serie
- Desarrollo de un estudio de protección de líneas de transmisión

- *Flujograma del proceso*
- *Objetivos del estudio*
- *Metodología y criterios*
- *Data e información requerida*
- *Recopilación de la información*
- *Modelamiento*
- *Validación del modelo*
- *Resultados y reportes*
- *Redacción del informe*

### Sesión 17

- Aplicación en proyecto real 8 – Línea de transmisión de 220 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones*

### Sesión 18

- Aplicación en proyecto real 9 – Línea de transmisión de 500 kV
  - *Estudio de coordinación de protecciones*

## Módulo VI: Protección de Barras (4 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de protección de barras*

### Sesión 19

- Fundamentos técnicos
- Normativas y estándares internacionales
- Esquemas de protección



- Criterios para el ajuste y coordinación de protección
- Protección diferencial de barras 87B
- Protección falla de interruptor (50BF)
- Protección de sobrecorriente de fases y tierra (50/51, 50N/51N)
- Desarrollo de un estudio de protección de barras
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 10 – Subestación barra simple en 220 kV
  - *Estudio de protecciones de barra – parte 1*

## Sesión 20

- Aplicación en proyecto real 10 – Subestación barra simple en 220 kV
  - *Estudio de protecciones de barra – parte 2*
- Aplicación en proyecto real 11 – Subestación barra doble en 220 kV
  - *Estudio de protecciones de barra*

## Módulo VII: Protección de Reactores de Potencia (2 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de protección de reactores de potencia*

### Sesión 21

- Fundamentos técnicos
- Normativas y estándares internacionales
- Esquema de protección
- Criterios para el ajuste de protección
- Protección diferencial del reactor 87B
- Protección de sobrecorriente de fases y tierra (50/51, 50N/51N)
- Protecciones 49, 27/59, 67N, 59, 63
- Desarrollo de un estudio de protección de reactores de potencia
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*

- *Recopilación de la información*
- *Modelamiento*
- *Validación del modelo*
- *Resultados y reportes*
- *Redacción del informe*

- Aplicación en proyecto real 12 – Reactor de 30 MVA en 220 kV
  - *Estudio de protecciones de reactor*

## Módulo VIII: Protección de Banco de Capacitores (2 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de protección de banco de capacitores*

### Sesión 22

- Fundamentos técnicos
- Normativas y estándares internacionales
- Esquema de protección
- Criterios para el ajuste y coordinación de protección
- Protecciones 50/51, 51N, 27, 59, 59N
- Desarrollo de un estudio de protección de banco de capacitores
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 13 – Banco de condensadores de 30 MVA en 220 kV
  - *Estudio de protecciones de capacitor*

## Módulo IX: Protecciones Sistémicas (4 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de protecciones sistémicas*

### Sesión 23

- Esquemas de protección para la integridad del sistema
- Esquema de rechazo/desconexión de carga por mínima frecuencia
- Esquema de rechazo/desconexión de

carga por mínima tensión

- Esquema de desconexión de generación
- Esquema de bloqueo de oscilación de potencia y disparo por pérdida de sincronismo
- Esquema de protección contra sobretensiones
- Desarrollo de un estudio de protecciones sistémicas
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*

## **Sesión 24**

- Aplicación en proyecto real 14–Estudio de rechazo automático de carga/generación del SEIN - año 2024

## **Sesión 25**

- Retroalimentación final



# INSTRUCTORES



## Alex Pomalaya

Especialista en desarrollo de estudios eléctricos y de diseño



Ingeniero electricista de La Universidad Nacional del Centro (UNCP) del Perú.



Experiencia profesional en análisis de flujo de carga y cortocircuito aplicado a sistemas de potencia, coordinación de protecciones eléctricas y cortocircuito.



Manejo avanzado en los softwares de simulación ATP, EMTP, DigSILENT PowerFactory, ETAP, entre otros.



Actualmente instructor e ingeniero de estudios de Inel - Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de sistemas de potencia, renovables, entre otros.



## Raúl Levano

Analista técnico en desarrollo de estudios eléctricos



**Investigador, desarrollador** de modelos e implementación para análisis de sistemas de potencia.



**Experiencia en estudios** para diferentes proyectos, destaca el Estudio de Pre-Operatividad, conexión al SEIN de la CSF Continua Misti de 300 MW (Perú)



**Ingeniero eléctrico** de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú. Maestría y Doctorado en Sistemas de Potencia en la Universidad de Estadual Paulista (UNEPS), Brasil.



**Actualmente instructor y coordinador de Estudios de Inel** - Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de sistemas de potencia, estabilidad, etc.



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**  
Teórico / **Práctico**



**Aula virtual**  
Sesiones grabadas y recursos adicionales



**Proyecto final** con asesoría de los instructor (es)



**Certificación por 50 hrs. cronológicas**  
válida a nivel internacional

## REQUISITOS



El participante deberá contar con una licencia del software DigSILENT PowerFactory en la versión 15.1, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 o superiores.



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 50 horas cronológicas



**IEEE proporcionará un certificado PDH/CEU para este curso.** IEEE otorga 5 CEU's

# INVERSIÓN

Inversión  
en Perú

S/

**4,520**

Inversión  
extranjero

US\$

**1,220**

*Aplican descuentos por pago al contado*

## FINANCIAMIENTO EN PARTES

SIN DESCUENTO

*Nota: Consultar por opciones adicionales de financiamiento.*

### CONTACTO

Ejecutivo  
comercial:

**Rafael Balvin**



✉ [rafaelbalvin@inelinc.com](mailto:rafaelbalvin@inelinc.com)

☎ Teléfono: +51 974 638 808

## INSCRIPCIÓN

1

Enviar el comprobante de pago a [inel@inelinc.com](mailto:inel@inelinc.com) al realizar el pago.

2

Ingresar sus datos personales y de facturación a [https://bit.ly/INEL\\_Inscripción\\_PE\\_EI\\_08\\_24\\_1](https://bit.ly/INEL_Inscripción_PE_EI_08_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

**Ejecutivo  
comercial:**

**Annel Pillaca**



 [annelpillaca@inelinc.com](mailto:annelpillaca@inelinc.com)

 **Teléfono: +51 978 421 697**





Escuela Técnica de Ingeniería

