

**EPIM Aniversario  
PES&IMS 35 Años**



# **Gestión de Ensayo y Mantenimiento de Relés y Sistemas de Protección**

Ricardo Franco  
[rfranco@fing.edu.uy](mailto:rfranco@fing.edu.uy)  
[rfranco@ute.com.uy](mailto:rfranco@ute.com.uy)

27/2/2025

# Protecciones de las redes eléctricas

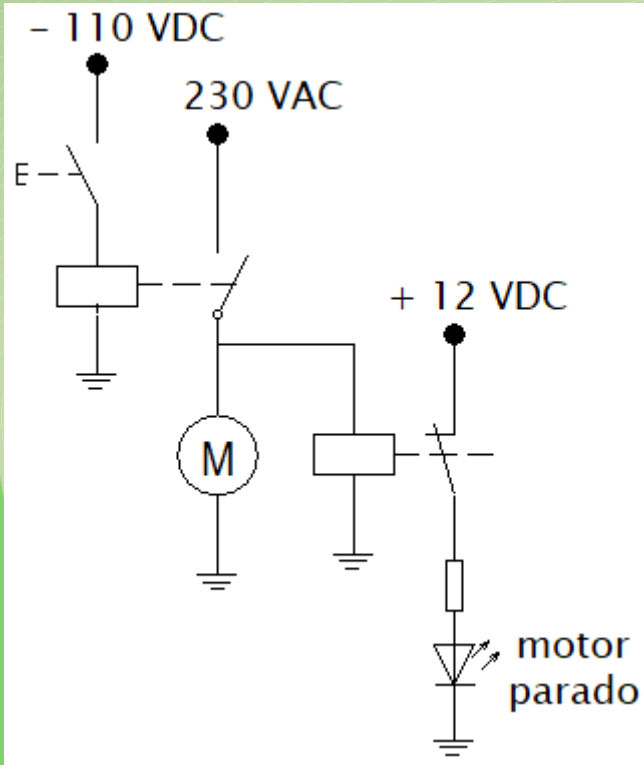
- El objetivo de los sistemas de protección es (mediante medidas eléctricas de V y/o I) detectar en la red eléctrica:
  - **faltas** (típicamente **cortocircuitos**) y
  - **condiciones anormales** de funcionamiento (sobrecargas, sobretensiones, subfrecuencia, oscilaciones, ...)

tomando acciones (típicamente **disparar/abrir disyuntores**) para:

- desenergizar el equipo de potencia o zona en falta,
- mitigar la condición anormal y
- preservar la estabilidad de la red eléctrica.



# Relé (relevador)

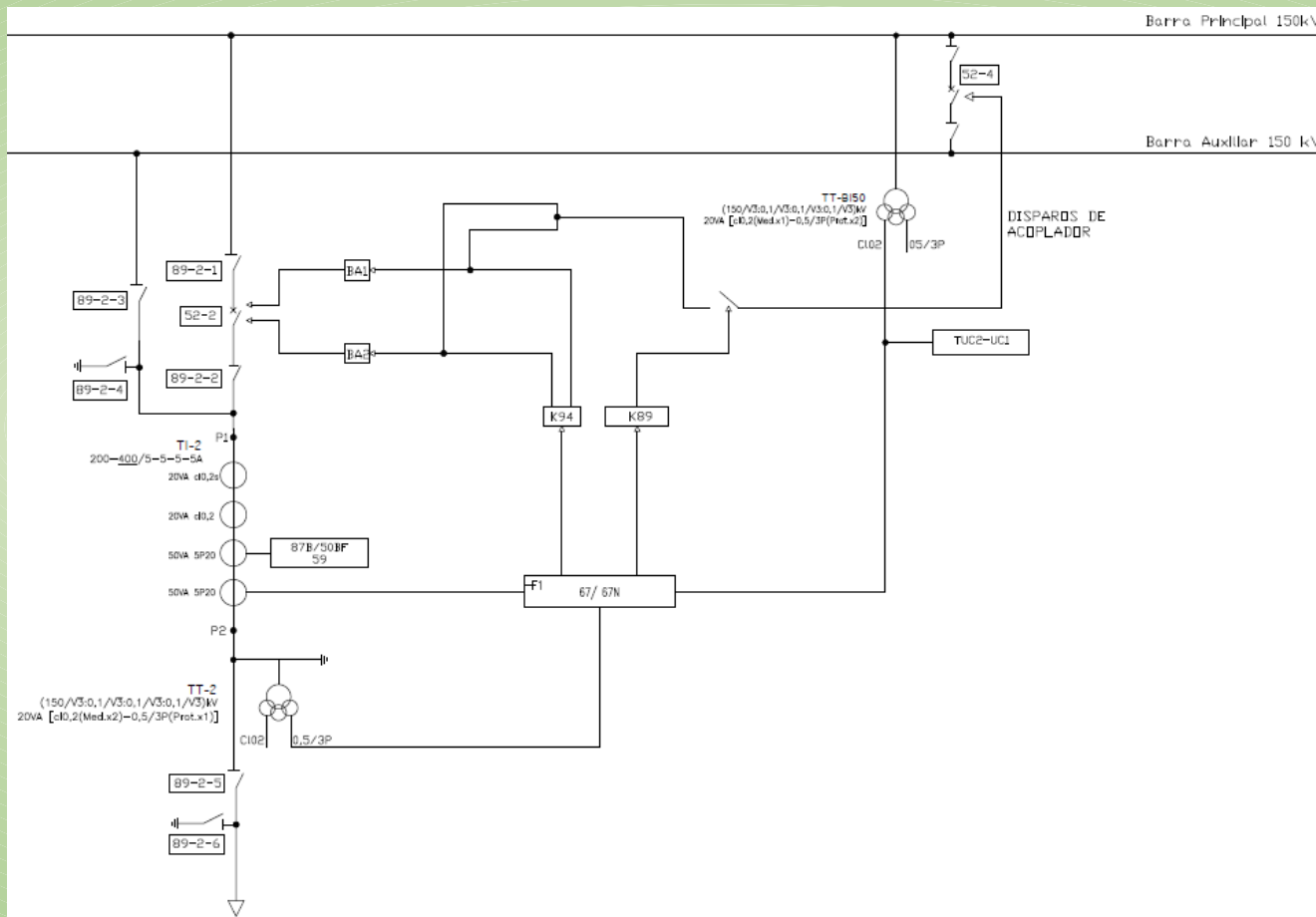


# Relé de protección

- Lo que en una casa (BT) son llaves termomagnéticas y diferenciales
- En una red de MT\*, AT, EAT, central generadora, ... son los sistemas de protección con **relés de protección**

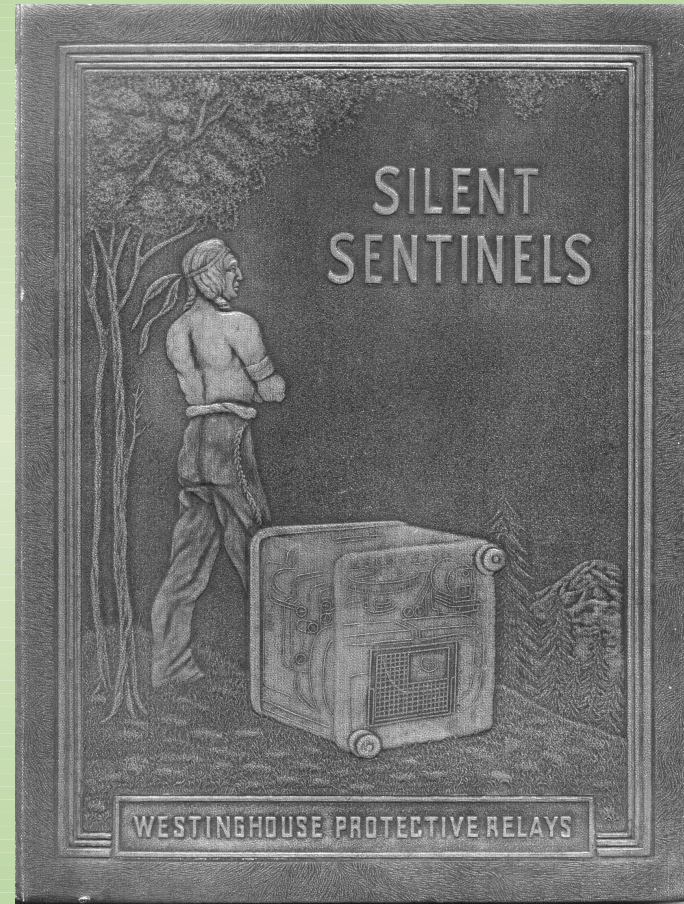


# Protecciones de las redes eléctricas



# Protección de las redes eléctricas

- Cuando hay un apagón/corte:
  - **Es culpa de las protecciones**
  - **Es gracias a las protecciones**



# Relé de protección

- Relé dedicado a la protección de redes eléctricas
- Surge a principio del siglo XX (primarios, electromecánicos)
- Desde hace años es una computadora dedicada a la protección (**IED Intelligent Electronic Device**)
- Lo que antes era un relé hoy se puede “separar” en relé y Merging Unit (MU) IEC61850



# Relé de protección

- El equipo más “complejo” del sistema de protección
  - Funciones y algoritmos de protección
  - Cientos y hasta miles de parámetros a configurar (**ajustes/settings**)
  - Lógicas (de protección y de control)
- En operación normal de la red eléctrica, los relés están “en reposo” (funciones no arrancadas)
- Por esto la parte más “compleja” del ensayo funcional de un sistema de protección es el **ensayo de sus relés de protección**





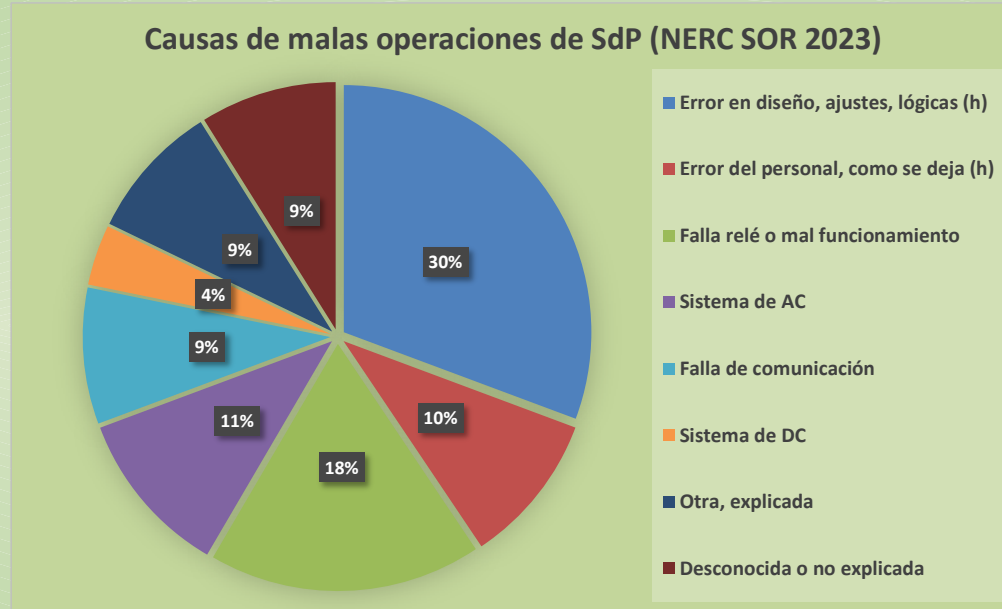
# Confiabilidad, disponibilidad

- La confiabilidad (**reliability**) es una probabilidad y se analiza en dos aspectos
  - **Dependability** (hacer lo que tiene que hacer)  
Disparar cuando debe hacerlo
  - **Security** (no hacer lo que no tiene que hacer)  
No disparar cuando no tiene que hacerlo
- **Autochequeo/Autosupervisión** de los IEDs, Falla Protección (es más que un Watch-Dog)
- **Redundancias** y **respaldos** para mejorar la confiabilidad (dependability)  
El diseño define la confiabilidad y condiciona o no la **mantenibilidad**  
Analizar la red equivalente de confiabilidad
- Soportar el **N-1** (al menos).
- El objetivo es la **disponibilidad** (tiempo en que está operativo)



# Confiabilidad, disponibilidad

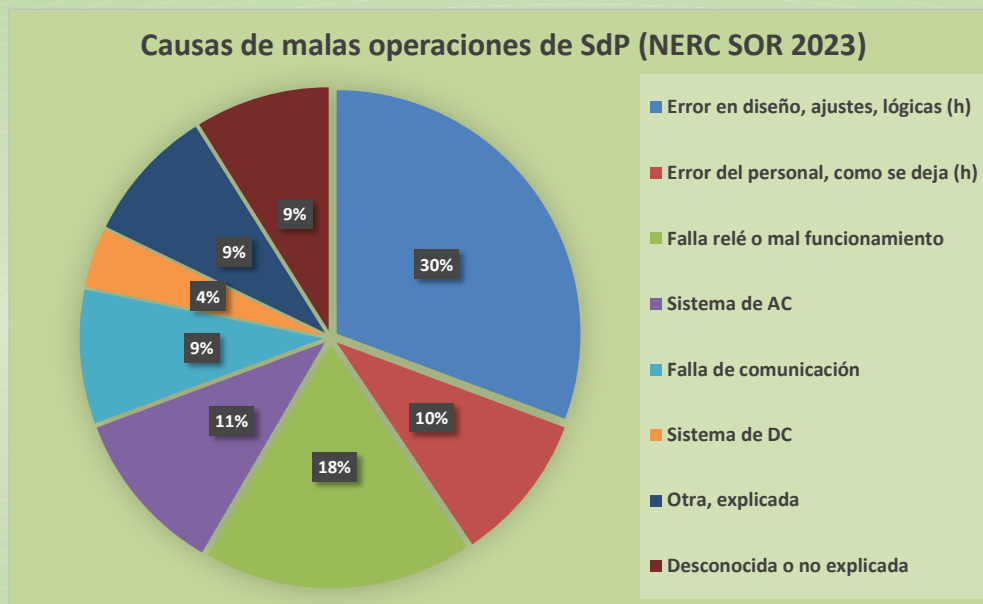
- Fallas, errores y malas operaciones (estadísticas NERC)



- El **error humano** aparece en el 40% de las malas operaciones
- La **falla de relés** es la causa de aprox. un 20% de las malas operaciones

# Confiabilidad, disponibilidad

- Fallas, errores y malas operaciones



- “El que hace se equivoca” peeeeero ... **evitar repetir errores**
- ¿Hacer o no hacer? ¿**Cuánto conviene hacer**? ¿Profundidad, alcance, ...?
- A veces los relés (IEDs) son menos confiables de lo que se esperaría

# Ensayo y mantenimiento

- ¿**Para qué se ensaya** un sistema o relé de protección?
  - Para **conocer** su funcionamiento (no alcanza leer manuales)
  - Para **confirmar** que la implementación se corresponde con el proyecto y funciona como se diseñó
  - Para **confirmar** que está disponible y funcional
  - ...

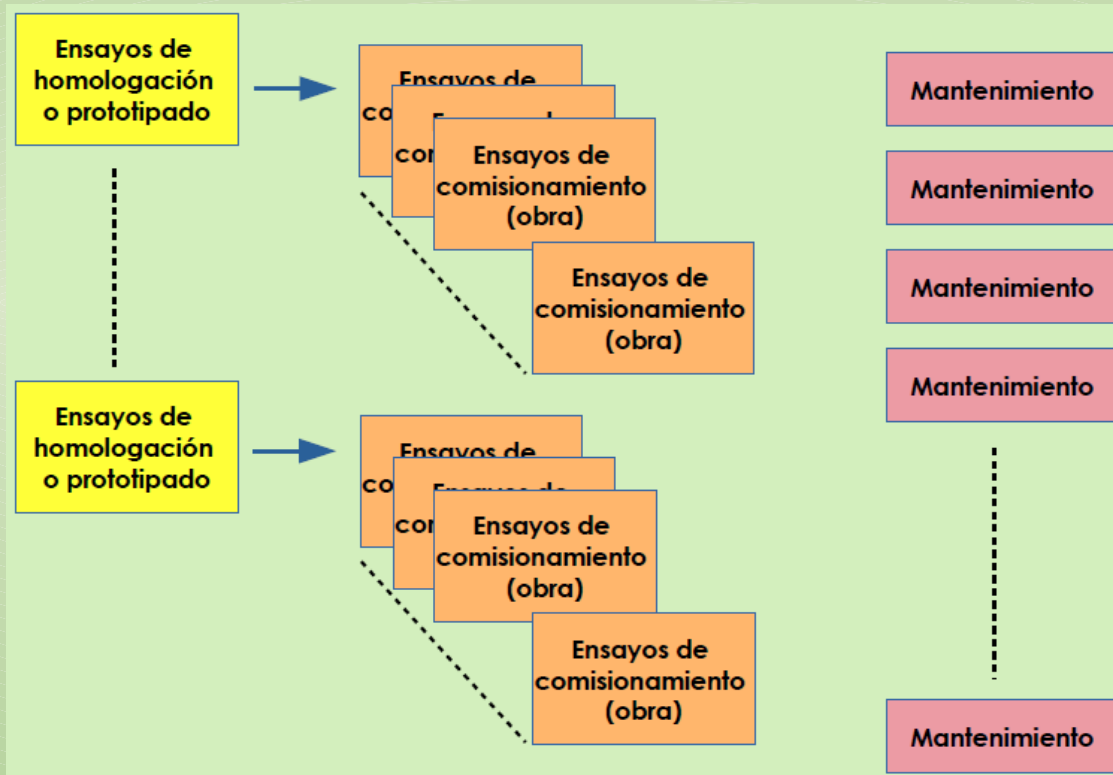
Se gestionan **riesgos**

- No se mantienen equipos, **se mantienen funciones**
- En operación normal de la red eléctrica, los relés están “en reposo”
  - ¿Va a operar si está llamado a hacerlo? **Fallas ocultas**
  - **Búsqueda de Fallas (ocultas) – Mantenimiento Detectivo (MD)**
  - Autochequeo/autosupervisión de los IEDs (**MD en tiempo real y on-line**)



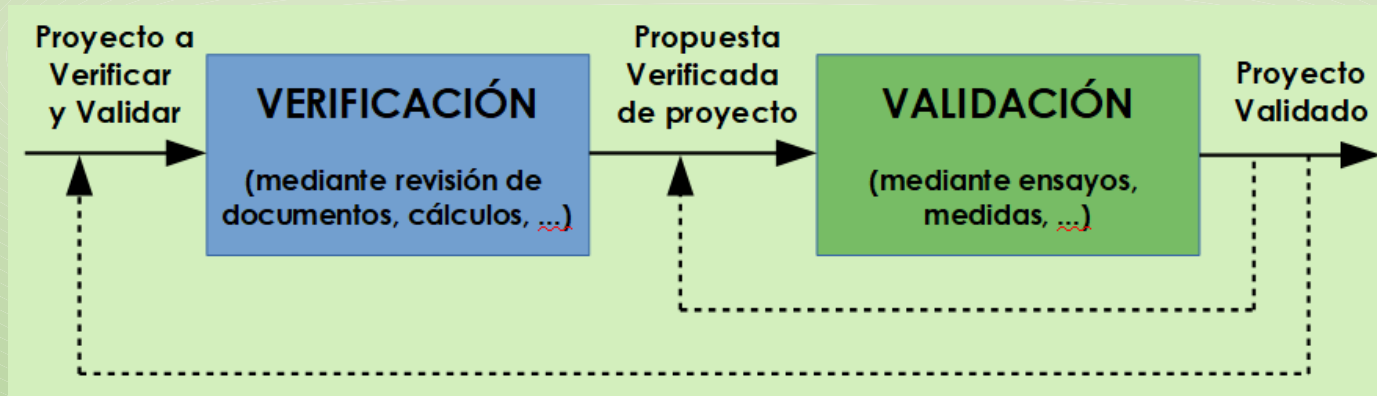
# Validación y Verificación

- Secuencia temporal de ensayos. Visión integral del ciclo de vida

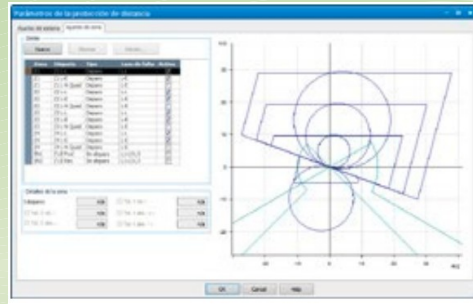
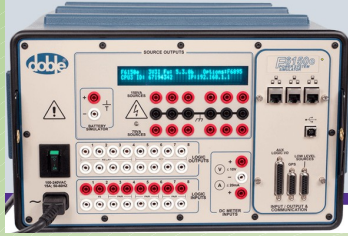


# Ensayos de Validación

- Homologación y prototipado
- Comisionamiento (ensayo de obra)
- ...



# Ensayar e interpretar/evaluar resultados



CURRENT				VOLTAGE					
	I (A)	$\phi$ (°)	f (Hz)		V (V)	$\phi$ (°)	f (Hz)		
⚡	I1	0.0000	0,000	60,000	⚡	V1	69.000	0,000	60.000
⚡	I2	0.0000	120.000	60,000	⚡	V2	69.000	120,000	60.000
⚡	I3	0.0000	240.000	60,000	⚡	V3	69.000	240,000	60.000
⚡	I4	0.0000	0,000	60,000	⚡	V4	69.000	0,000	60.000
⚡	I5	0.0000	120.000	60,000					
⚡	I6	0.0000	240.000	60,000					



# Ensayo y mantenimiento





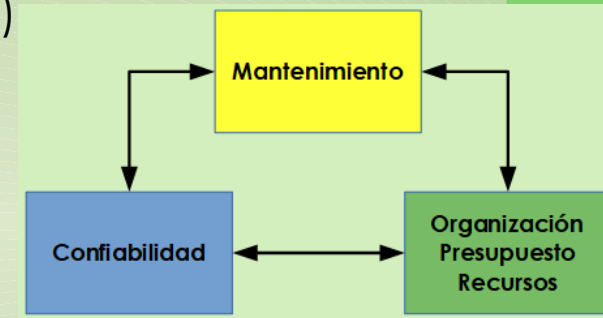
# Mantenimiento (ensayos y verificaciones)

- **Gestionar riesgos.** ¿Cuánto conviene hacer? ¿Profundidad, alcance, periodicidad, ...?
- ¿Es posible (tiene sentido) Mantenimiento Preventivo (reacondicionamiento/sustitución cíclica)
- ¿Es posible (tiene sentido) Mantenimiento Predictivo (basado en la condición)?
- **Una posible estrategia de Mantenimiento Programado** periódico (considerando aspectos RCM):
  - 1) **Mantenimiento Detectivo en tiempo real y on-line** (telemantenimiento) (autochequeo/autosupervisión de los relés modernos y MUs)
  - 2) **Mantenimiento Detectivo periódico “profundo” de funciones de protección** de sistemas seleccionados por su criticidad, tecnología, ...
  - 3) **Prueba periódica de disparos** (por alguna función de protección, preferentemente mediante inyección de corriente)
  - 4) **Verificación periódica de Medidas de Magnitudes de Servicio** y ausencia de alarmas críticas
  - 5) **Mantenimiento Detectivo indirecto verificando accionamientos** ante faltas, etc.
- **Mantenimiento Correctivo y Detectivo (búsqueda de fallas)** ante accionamientos erróneos
- **Mantenimiento Mejorativo** (rediseño - obra)



# Mantenimiento (ensayos y verificaciones)

- Las estrategias de mantenimiento dependen de:
  - Las **normativas**
  - El **diseño** de las instalaciones (confiabilidad, mantenibilidad)
  - El **contexto operacional**
  - La **organización**, las **personas** con que se cuenta, los **recursos** disponibles
  - Los **resultados** de las estrategias (satisfacción de clientes, la empresa, ...)
  - Las **tecnologías** y el cambio tecnológico
  - Experiencias e ideas del **equipo de trabajo** y de **otros** (partes interesadas, otras empresas o entidades, ...)
  - ...



# Ensayo y mantenimiento

- Ensayar “bien”
- Interpretar/Evaluar bien los resultados de los ensayos y verificaciones
- Mezcla de **actividades descentralizadas y centralizadas**
- **Esquema gradual de atención según la profundidad de especialidad y experiencia** requeridos  
(niveles primario, secundario y terciario como en la salud)
- Política y gestión de **repuestos** y reparación de relés rotos
  - ¿Cuántos repuestos, cuándo, comprarlos, ...?, discontinuación, ...
  - Reparación, capacidad propia o local, soporte de fábrica, ...



# Sistema de Gestión de la Calidad y Mejora Continua

- Gestionar procesos (de ensayo) según norma ISO 9001 que es una referencia mundial de buenas prácticas
- Certificar procesos ISO 9001 ¿Objetivo o medio para?
- Los **principios de gestión de la calidad** son:
  - 1) **enfoque al cliente**
  - 2) **liderazgo** (pero el sistema es una creación colectiva)
  - 3) **compromiso** de las personas
  - 4) enfoque a **procesos**
  - 5) **Mejora** continua
  - 6) toma de decisiones basadas en la **evidencia**
  - 7) gestión de las **relaciones**



# Sistema de Gestión de la Calidad y Mejora Continua

- Sirve como **soporte** y **palanca** para:
  - **Normalización** de ensayos
  - **Normalización** de documentación y registros
  - **Retener y mejorar el conocimiento** (know-how) y que sea **organizacional**
  - Hacer **sostenibles** en el tiempo a las actividades y la organización
  - La **mejora** continua

y para estar enfocados en

- El logro de **objetivos**
- Los **clientes** y demás **partes interesadas**



# Desafíos

- **Volatilidad** del personal. Por la “rotación” cada vez van menos experiencia y menos conocimiento de algunos aspectos
- Mejorar el **equipo de trabajo**, el **trabajo en equipo**, el **grupo humano**
- **Automatizar** lo más posible (**evitar acciones humanas evitables** y **minimizar las acciones de emergencia**)
  - Evitar acciones humanas evitables
  - Sistema de información y **pre-procesamiento de acceso simple**
  - **Soportar el N-1 o N-2**
  - Poder **programar para el corto plazo** minimizando la atención urgente

Que el **sistema** sea **efectivamente sostenible**

**Formación permanente** y en el trabajo



# Capacitación en protecciones y su ensayo

- Formación formal y formación en el trabajo (haciendo)
- Experiencia – práctica
- Aprender con los otros y de los otros (equipo)
- Cursos sobre protección eléctrica en el IIE-FING-UdelaR
  - **IPROSEP** grado y educ. permanente (**1er. semestre, anual**),
  - **APROSEP** posgrado y educ. permanente (**2do. semestre, años impares**)
  - **CAPSEP** posgrado y educ. permanente (**2do. semestre, años pares**)



# EPIM Aniversario PES&IMS 35 Años



# ¡Gracias! ¿Preguntas? ¿Comentarios?

Ricardo Franco  
[rfranco@fing.edu.uy](mailto:rfranco@fing.edu.uy)  
[rfranco@ute.com.uy](mailto:rfranco@ute.com.uy)

27/2/2025