



**CURSO:**

# **NORMA PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

**NFPA 70B - 2023**

**Relator: Guido Pardo Blime**

# ¿QUÉ ES LA NFPA?



La Asociación Nacional de Protección contra incendios (NFPA por sus siglas en inglés) de EEUU es la autoridad a nivel mundial sobre seguridad contra incendios, eléctrica y de la construcción, desarrollando y diseminando el más valioso conocimiento sobre estos temas.



# HISTORIA DE LA NFPA 70B



NFPA autoriza la formación de un comité para desarrollar un documento que daría recomendaciones acerca del mantenimiento de equipos eléctricos.

Las prácticas recomendadas para el mantenimiento de equipos eléctricos fue adoptada como 70 B.

Se reestructura el manual de forma que cumpla con el estilo de los documentos del comité técnico de NFPA.

Se publica última versión en español.

Se publica última versión en inglés, esta vez, como norma dejando de ser práctica recomendada.



1967

1975

2002

2019

2023

# CONTENIDO DE LA NORMA



**Capítulos 1, 2 y 3: Propósitos y alcances de la norma**

**Capítulo 4: Gestión de Mantenimiento**

**Capítulo 5: Seguridad del personal**

**Capítulo 6, 7 y 8: Estudios y Pruebas Eléctricas**



# CONTENIDO DE LA NORMA



**Capítulo 8: Intervalos de Mantenimiento**

**Capítulos 9 al 38: Procedimientos Exigidos para distintos equipos**

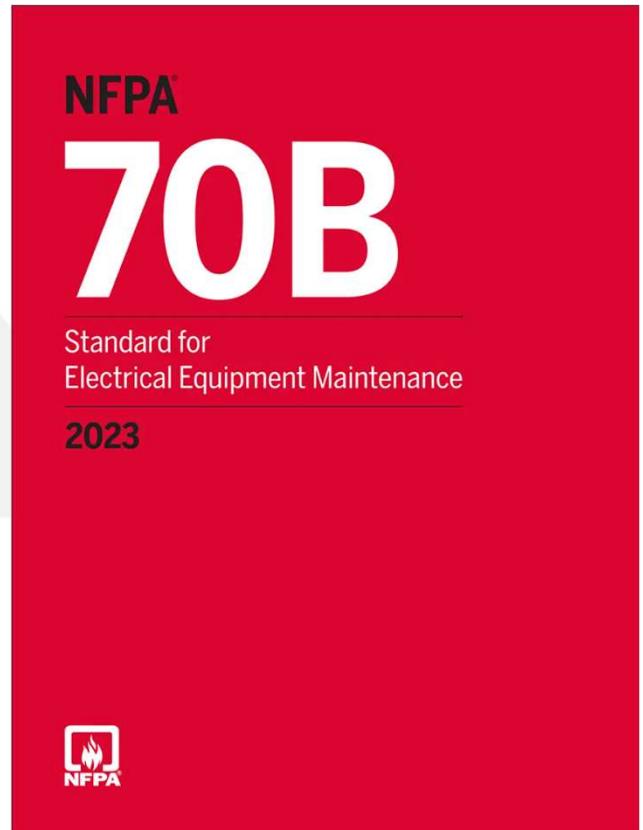
**Anexos A a M: Bibliografía, ejemplos, otros**



# PROPÓSITO DE LA NORMA NFPA 70B



- El propósito de esta norma es proporcionar garantías de seguridad para las personas, propiedades, procesos, otorgando los medios para establecer una condición de mantenimiento de equipos y sistemas basado en la seguridad y confiabilidad.
- La norma explica la función, requisitos y consideraciones económicas que se pueden utilizar para establecer un **programa de mantenimiento eléctrico (PME)**.



# ALCANCES



- Esta norma se aplica al mantenimiento de sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicaciones. **No** tiene la intención de duplicar o **reemplazar las instrucciones que los fabricantes** proporcionan normalmente.
- Los sistemas y equipos cubiertos son los típicos instalados en plantas industriales, edificios institucionales y comerciales, y los grandes complejos residenciales multifamiliares.
- Los equipos para el uso doméstico no están previstos en esta norma.



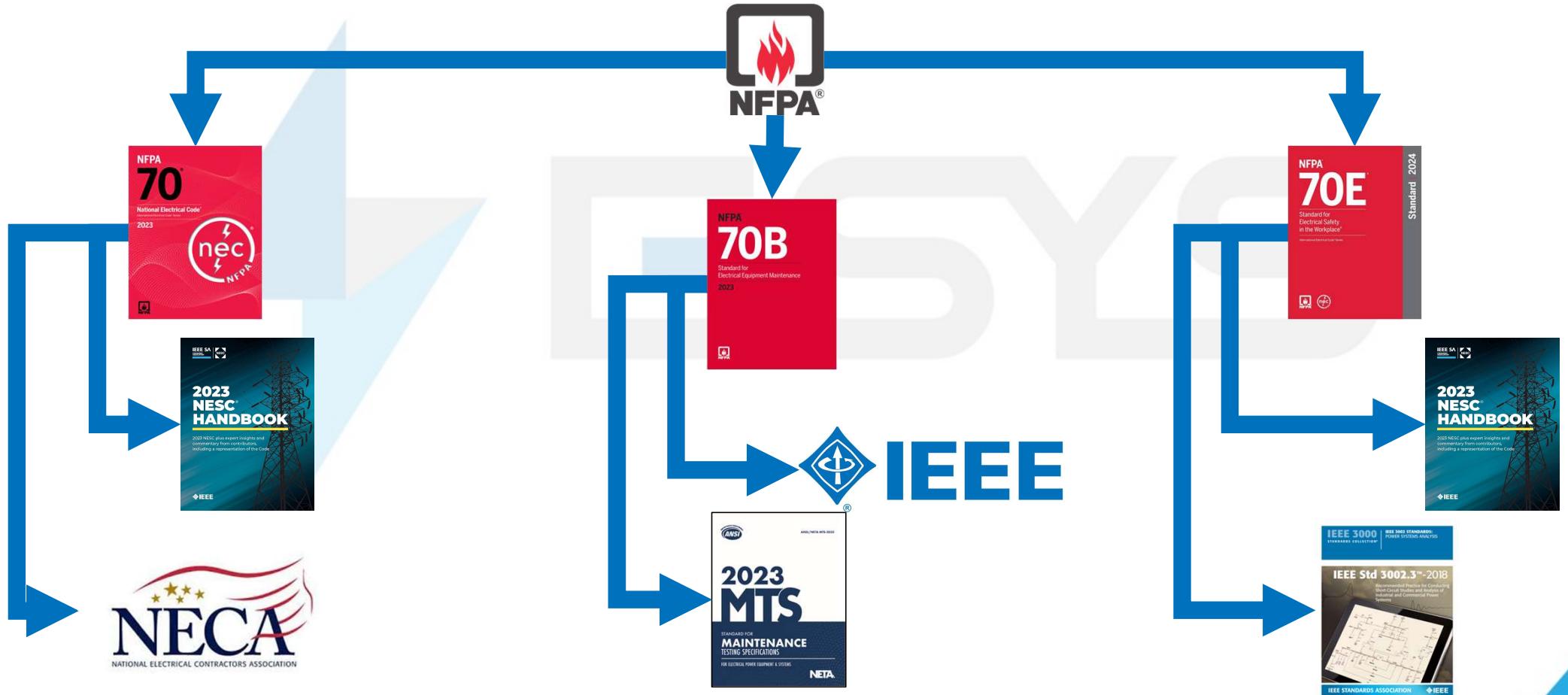
# DIFERENCIAS NFPA 70B



## Versiones 2019 vs 2023

- Enfoque en la Ciberseguridad.
- Mantenimiento Predictivo.
- Actualización de Normas de Seguridad.
- Capacitación del Personal.
- Ejemplos y casos de estudio.
- Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).

# NORMAS RELACIONADAS EN EL PROGRAMA INTEGRAL DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



# NORMATIVA NACIONAL ASOCIADA AL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



DS N°08, RIC N°17: Operación y Mantenimiento

## 6. PROGRAMA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

### 6.1 Requisitos generales de un programa de seguridad eléctrica.

**6.1.1 Mantenimiento de las instalaciones:** Corresponde a un conjunto de acciones basadas en criterios técnicos y especificaciones entregadas por los fabricantes, además de aspectos tales como condiciones de operación, exigencias climáticas y de medio ambiente, que influyen en la conservación de la vida útil de las instalaciones eléctricas, de los equipos que la componen y, por tanto, en su seguridad de uso.

**6.1.3 Inspección/Evaluación:** Verificar los equipos eléctricos, con rutina y frecuencia programada, documentando la información del sistema eléctrico y los mantenimientos efectuados, incluyendo un control de fallas e investigación de accidentes e incidentes con análisis de causa raíz.

# NORMATIVA NACIONAL ASOCIADA AL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

DS 132, SERNAGEOMIN

**Artículo 29:** Las Empresas mineras, para la ejecución de sus trabajos, deberán regirse primeramente por las normas técnicas especificadas en este Reglamento, luego por las aprobadas por los competentes Organismos Nacionales y en **subsidiario**, por aquellas normas técnicas internacionalmente aceptadas.

**Artículo 410:** Todo recinto, equipos, instalaciones y todos los sistemas de una faena minera deben ser sometidos a un **riguroso plan de mantenición**, llevando registros actualizados de esta actividad, los que en cualquier momento podrán ser solicitados por el Servicio.



**REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA**  
**DECRETO SUPREMO N° 132**  
**MINISTERIO DE MINERÍA**

Publicado en el Diario Oficial el 07 de febrero de 2004

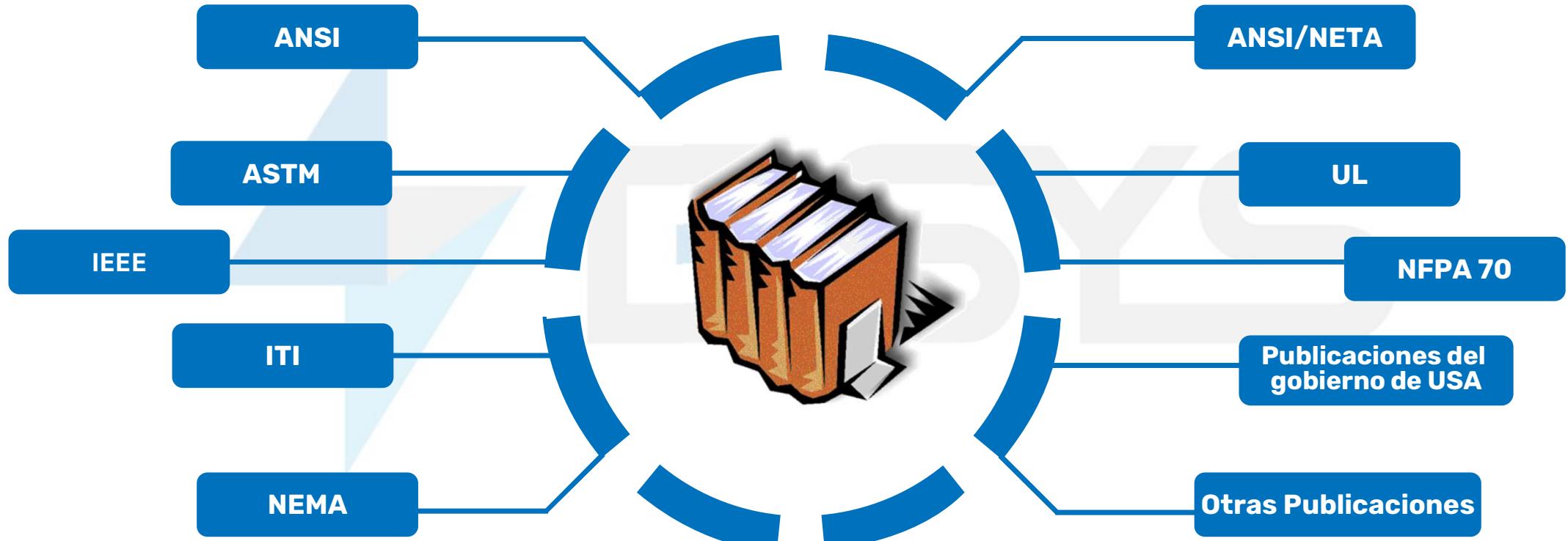
Santiago, 30 de diciembre de 2002.- Hoy se decreta lo que sigue:

Num. 132. Visto: Lo dispuesto por el número 8 del artículo 2º y letra c) del artículo 9º del Decreto Ley N° 3.525 y las facultades que me confiere el N° 8 del artículo 32 de la Constitución Política del Estado.

Y considerando que los adelantos tecnológicos y la mayor exigencia ante las condiciones de nuestra industria extractiva minera, hacen necesario modernizar nuestros reglamentos,

**DECRETO:**  
ARTÍCULO QUINTO: Fíjase como texto refundido, sistematizado y coordinado del Decreto Supremo N° 72, de 1985, del Ministerio de Minería, que establece el Reglamento de Seguridad Minera, el siguiente:

# PUBLICACIONES DE REFERENCIA



# DEFINICIONES



## Norma o Estándar (por sus siglas en inglés)

Contiene disposiciones obligatorias que emplea la palabra “debe” para indicar requisitos o requerimientos.

## Mantenimiento periódico

La prueba, la localización de averías, la reparación, y/o el reemplazo de un componente o de un subsistema mientras que los componentes o los subsistemas redundantes se mantienen en funcionamiento, donde es crítico realizar este mantenimiento para lograr los criterios especificados de confiabilidad / disponibilidad del sistema.

## Programa de Mantenimiento Eléctrico (PME)

Un programa administrado de inspección, prueba, monitoreo, análisis, servicios de sistemas y equipos con el propósito de mantener operaciones y producción seguras al reducir o eliminar las interrupciones del sistemas y fallas en los equipos .

A large, semi-transparent watermark of the E-SYS logo is positioned in the center-right area of the slide.

## **Módulo 2:**

### **Seguridad para el personal que aplica el PME**

# EL CICLO DE LA SEGURIDAD ELÉCTRICA SEGÚN NFPA

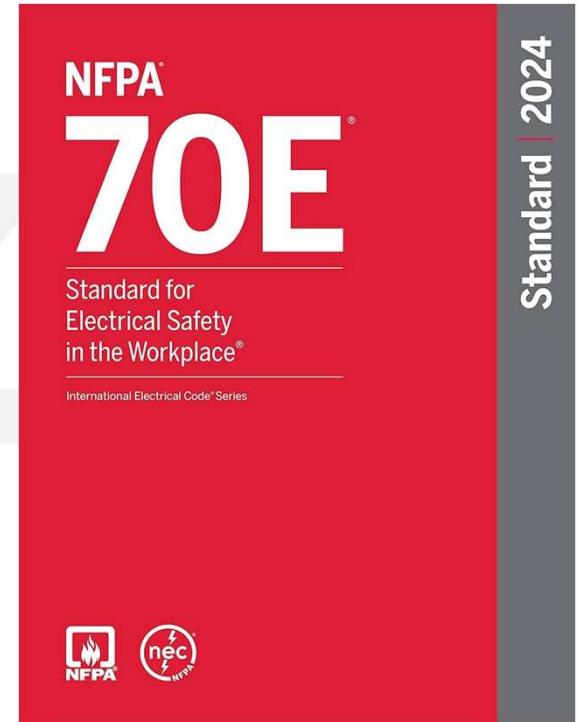


# SEGURIDAD DE LAS PERSONAS



## NFPA 70E

- La seguridad del personal debe ser la primera consideración en diseño del sistema y al establecer las prácticas de mantenimiento
- Las reglas de seguridad se deben instituir y practicar para prevenir lesión al personal, a las personas que realizan las tareas y a otras que pudieran ser expuestas al peligro.
- Los principales peligros eléctricos para personal es el choque eléctrico, y/o quemaduras severas producto del arco eléctrico o de sus efectos.



Standard | 2024

# SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



La seguridad del personal es una consideración primordial en el diseño del sistema y en el establecimiento de las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad donde se realiza el mantenimiento preventivo de sistemas y equipos eléctricos.

El mantenimiento debe ser ejecutado **solo por personal calificado** entrenado en las prácticas seguras para prevenir de los riesgos asociados con el trabajo en conductores o partes del circuito eléctrico como son: los de choque eléctrico, arco eléctrico, y ráfaga de arco, todos los cuales pueden causar lesiones graves o la muerte.

El mantenimiento preventivo debe realizarse solo cuando el equipo se encuentre en una condición de trabajo eléctricamente segura.

# CAPACITACIÓN DEL PERSONAL



Todos los empleados deben ser entrenados en prácticas relativas a la seguridad del trabajo y procedimientos requeridos.

Deben poder identificar y entender la relación entre los peligros eléctricos y lesión posible.

Los empleados que trabajan con equipo energizado o acercan de los conductores energizados se deben capacitar regularmente en cursos de primeros auxilios y de procedimientos de emergencia. También deben ser entrenados en métodos de retiro de víctimas del contacto con los conductores o las partes energizadas.



# DEFINICIÓN RIESGO ELÉCTRICO



Artículo 100 NFPA 70E

## RIESGO ELÉCTRICO

Una condición peligrosa tal que el contacto o la falla de equipos puede resultar en un choque eléctrico, quemadura de relámpago de arco, quemadura térmica, o ráfaga.

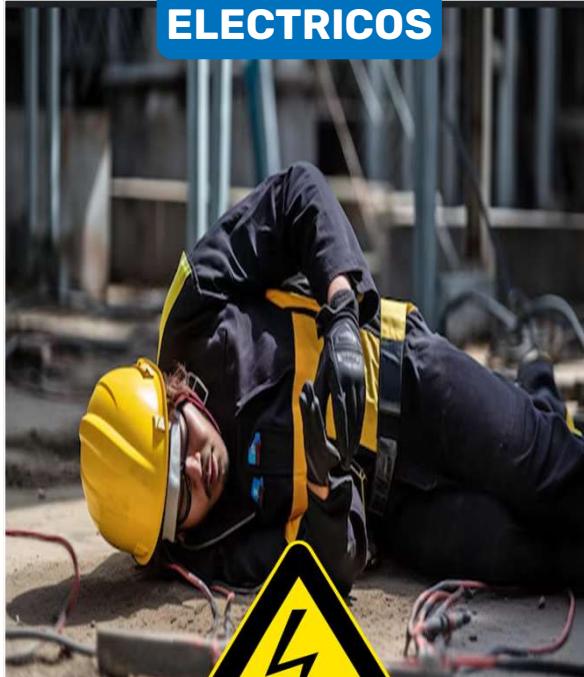


Un electricista particular que trató de realizar un trabajo en una línea de alta tensión murió esta mañana, y quedó prendido de un poste del tendido eléctrico, obligando al CBV a realizar un dramático rescate.

# ¿QUÉ RIESGOS PRESENTA LA ELECTRICIDAD?



CHOQUES  
ELÉCTRICOS



ARCOS  
ELÉCTRICOS



INCENDIO  
ELÉCTRICO



RIESGO PARA LAS PERSONAS

RIESGO PARA LOS EQUIPOS  
E INSTALACIONES

# COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



## DEFINICIONES DE PELIGRO DE CHOQUE ELÉCTRICO

Una posible fuente de heridas o daño a la salud asociados con el paso de corriente a través del cuerpo a causa del contacto o aproximación a conductores o partes del circuito eléctrico energizadas expuestas.

**NFPA 70E**

Ocurre siempre que haya una diferencia de potencial entre su cuerpo y el conductor

Cuando la corriente fluye de un punto a otro a través de su cuerpo,

**USTED SE CONVIERTE EN EL CONDUCTOR**

# COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



## RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO

CONDICIÓN PELIGROSA ASOCIADA CON LA POSIBLE LIBERACIÓN DE ENERGÍA CAUSADA POR EL CONTACTO O LA APROXIMACIÓN A CONDUCTORES O PARTES DE CIRCUITOS ENERGIZADOS.



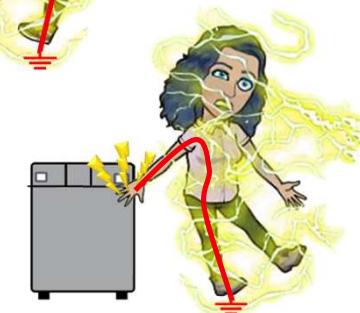
## CONSECUENCIAS

- PARO CARDIACO
- QUEMADURAS
- ELECTROCUCCIONES

## CONTACTO DIRECTO



## CONTACTO INDIRECTO



# PULSERA PROXXI



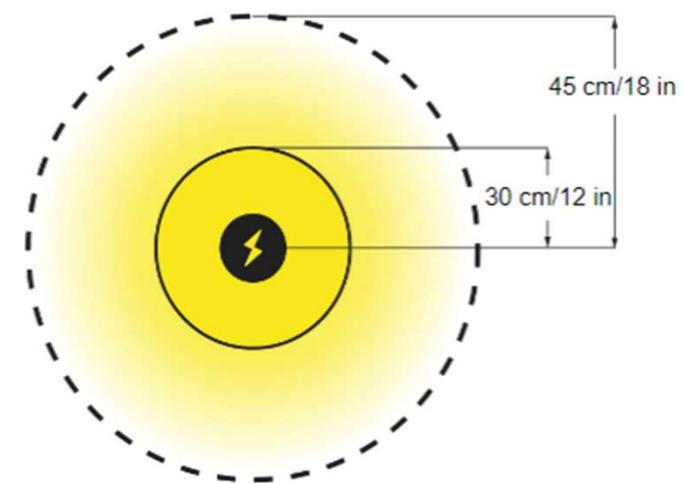
Detecta campos eléctricos (electrómetro)

Niveles de tensión de 110 V a 550 kV

Distancia de trabajo acorde NFPA 70E

Especializado para **trabajos desenergizado**

Alertas multisensoriales



**Para mas información consultar en:**

<https://esys.cl/proxxi/>



# COMPRENDIENDO EL ARCO ELÉCTRICO



# COMPRENDIENDO EL ARCO ELÉCTRICO



## RIESGO DE RELÁMPAGO DE ARCO

Una fuente de posibles heridas o daños asociada con la posible liberación de energía causada por un arco eléctrico.

**NFPA 70E**



# ¿QUÉ SON LOS ARCOS Y POR QUÉ SUCEDEN?



**Los arcos eléctricos se manifiestan liberando diversos tipos de energía.**

**Resultan por el paso de una corriente eléctrica considerable a través de lo que había sido aire, al ionizarse el mismo y romper el espacio aislante.**

**Entre conductores no puesto a tierra o entre conductores no puestos y conductores puesto a tierra.**

**Liberando plasma, gases y proyectiles de los materiales del equipo, por lo general aluminio, cobre y plásticos.**

# COMPRENDIENDO EL ARCO ELÉCTRICO



# PRUEBAS DE EPP ARCO RESISTENTES



# ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA TAREA



- ✓ Antes de iniciar la tarea se debe hacer una revisión de seguridad.
- ✓ Se debe informar al personal que hace la tarea, antes de comenzarla, para confirmar que todas las medidas de seguridad están entendidas.
- ✓ Todos los instrumentos y herramientas de prueba se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.
- ✓ Se deben contar con los EPP adecuados para cada tarea.
- ✓ Se deben contar con los procedimientos específicos para el control de los riesgos.

# ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA TAREA



<b>Identificar</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Peligros</li><li><input type="checkbox"/> Niveles de tensión implicados</li><li><input type="checkbox"/> Habilidades requeridas</li><li><input type="checkbox"/> Cualquier fuente "inesperada" de tensión (fuente secundaria)</li><li><input type="checkbox"/> Cualquier condición inusual de trabajo</li><li><input type="checkbox"/> Cantidad de personas requeridas para el trabajo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Fronteras de protección contra choque eléctrico</li><li><input type="checkbox"/> Energía incidente disponible</li><li><input type="checkbox"/> Potencial de relámpago de arco (realizar una evaluación de riesgo de arco)</li><li><input type="checkbox"/> Frontera de relámpago de arco</li><li><input type="checkbox"/> ¿Cualquier evidencia de falla inminente?</li></ul>	<b>Pensar</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> En los eventos inesperados... ¿Qué sucedería si?</li><li><input type="checkbox"/> Bloqueado — Etiquetado — Prueba — Verificación — Acción</li><li><input type="checkbox"/> Prueba de tensión — PRIMERO</li><li><input type="checkbox"/> Use el equipo y las herramientas correctas, incluyendo el EPP</li><li><input type="checkbox"/> Instale y remueva equipo de protección de puesta a tierra temporal</li><li><input type="checkbox"/> Instale barreras y barricadas</li><li><input type="checkbox"/> ¿Qué más ...?</li></ul>
<b>Preguntar</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> ¿Puede desenergizarse el equipo?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Hay posibilidades de retroalimentación en los circuitos donde se trabaja?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Se necesita un permiso de trabajo eléctrico energizado?</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> ¿Se requiere una persona acompañando?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Está el equipo apropiadamente instalado y mantenido?</li></ul>	<b>Prepárese para una emergencia</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> ¿Está la persona que acompaña entrenada en RCP/DAE?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Está el equipamiento para emergencias disponible? ¿Dónde?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Dónde está el teléfono más cercano?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Dónde está la alarma contra incendio?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Hay rescate en espacios confinados disponible?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Cuál es el lugar exacto del trabajo?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Cómo se desenergiza el equipo en caso de una emergencia?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Se saben los números de teléfono de emergencia?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Dónde se encuentra el extintor de incendios?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Hay comunicaciones radiales disponibles?</li><li><input type="checkbox"/> ¿Hay un DAE disponible?</li></ul>
<b>Verificar</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Planes de trabajo</li><li><input type="checkbox"/> Diagramas unifilares y planos del proveedor</li><li><input type="checkbox"/> Tabla de situación</li><li><input type="checkbox"/> Información de la planta y recursos del proveedor están actualizados</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Procedimientos de seguridad</li><li><input type="checkbox"/> Información del proveedor</li><li><input type="checkbox"/> Los individuos están familiarizados con el sitio</li></ul>	

Ref: Anexo I  
NFPA 70E

# EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y OTROS EQUIPOS PROTECTORES



Los empleados expuestos al peligro eléctrico, cuando el riesgo asociado con ese peligro no es reducido adecuadamente mediante los requisitos de instalación eléctrica aplicables, deben ser provistos y deben utilizar, equipos de protección diseñados y elaborados para la parte específica del cuerpo que van a proteger y para el trabajo que se va a realizar (NFPA 70E).



# LOS PILARES DE SEGURIDAD ELÉCTRICA



## Elementos de Seguridad.

Selección de los elementos de seguridad adecuados en base a los niveles de riesgos que dictaminen los análisis de riesgos.

Elementos de seguridad que su diseño permita trabajar sin que representen un estorbo al usuario.

Tallas en base a las características físicas del usuario.

Especificaciones de elementos de seguridad en base a las altas normas y estándares.

Selección del EPP dictado por los análisis de riesgos.



**Procedimientos y Prácticas de  
Trabajo Seguro**

# AISLAMIENTO DEL CUERPO HUMANO



Existen zapatos aislantes, tapetes aislantes y otras barreras que incrementan la impedancia del trabajador a tierra.



Mantas aislantes, cobertores de líneas, mangas y guantes aislantes que incrementan la impedancia entre el trabajador y los conductores energizados expuestos.



Herramientas aislantes y pértigas que ofrecen aislamiento entre el trabajador y el conductor energizado expuesto.

Todos estos elementos de seguridad y muchos otros, fueron inventados para modificar la impedancia del trabajador, eliminando las posibilidades de que el trabajador forme parte de un circuito y que sufra un choque eléctrico.



**Los elementos de seguridad eléctrica  
aislantes, se seleccionan en base al nivel  
de voltaje en que se trabaja**

# CONOCIENDO LAS NORMAS Y EL EPP



**Tabla 130.7(C)(7)(a) Voltaje máximo de uso para guantes aislantes de hule.**

Designación de clase de guante o manga	Voltaje c.a. máximo de uso rms, volts	Voltaje c.d. máximo de uso promedio, volts	Distancias entre guante y puño, mínimo
00	500	750	13 mm (0.5 pulg.)
0	1,000	1,500	13 mm (0.5 pulg.)
1	7,500	11,250	25 mm (1 pulg.)
2	17,000	25,500	51 mm (2 pulg.)
3	26,500	39,750	73 mm (3 pulg.)
4	36,000	54,000	102 mm (4 pulg.)

# ¿CÓMO PROPORCIONA PROTECCIÓN LA VESTIMENTA IGNIFUGA?



Podemos protegernos de la energía incidente de los relámpagos de arco con EPP básico y especial:



**REDUCE LAS LESIONES DE QUEMADURAS**

**NO ENCIENDEN, NO QUEMAN, NO SE FUNDEN,  
NO GOTEAN**

**NO PERMITEN EL DESGARRO Y/O ROTURA**

**MANTIENE UNA BARRERA QUE AISLA AL  
TRABAJADOR DE LA FUENTE TERMICA**

# Tabla 130.7(C)(15)(c) Vestimenta protectora y equipos de protección personal (EPP)



CATEGORIA EPP	1	2	3	4
Vestimenta Protectora y Equipos de Protección Personal				
DESCRIPCIÓN DE LA ROPA	Camisa AR + Pantalones AR u Overol AR + Careta	Camisa AR + Pantalones AR u Overol AR + Protector facial y pasamontañas o capucha	Camisa AR + Pantalones AR + Traje Completo (Incluye Chaqueta, pantalón y capucha)	Camisa AR + Pantalones AR + Traje Completo (Incluye Chaqueta, pantalón y capucha)
MÍNIMO ATPV	4 cal/cm <sup>2</sup>	8 cal/cm <sup>2</sup>	25 cal/cm <sup>2</sup>	40 cal/cm <sup>2</sup>

# MANTENIMIENTO EPP



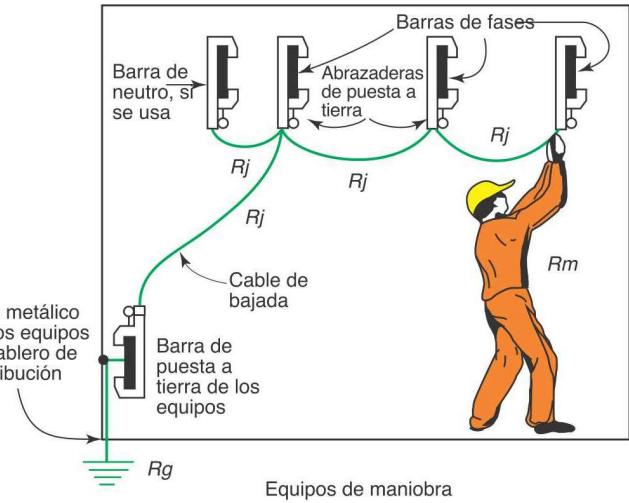
Los equipos de protección eléctrica deben mantenerse en condiciones seguras y confiables. Los equipos aislantes deben inspeccionarse para comprobar que no estén dañados antes de cada uso diario e inmediatamente después de cualquier incidente del que pueda razonablemente sospecharse que haya causado daños.



# PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



El personal que trabaja en o en la proximidad de conductores o líneas desenergizados de equipos eléctricos, debe protegerse contra los riesgos de choque eléctrico o quemaduras por arco eléctrico que podrían ocurrir si el circuito fuese involuntariamente reenergizado, o por tensiones inducidas en conductores adyacentes, errores de conmutación, contacto eléctrico con otro circuito energizado, sobretensiones causadas por descargas atmosféricas.



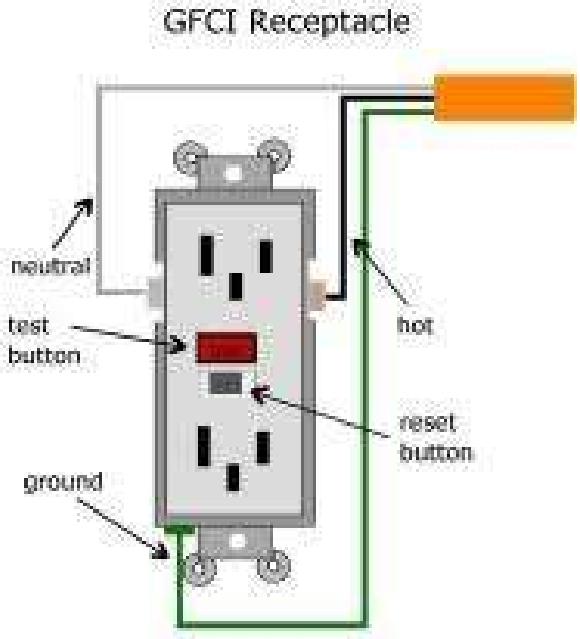
El equipo de puesta a tierra consiste principalmente de abrazaderas especiales reforzadas que están conectadas a cables de adecuada capacidad para soportar las corrientes de falla del sistema permitiendo que fluya dicha corriente hasta que actúe la protección. El equipo de puesta a tierra no debe ser mas grande de lo necesario, ya que el volumen y el peso excesivo pueden dificultar las labores del personal.

# EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA



Los GFCI están diseñados para proteger a las personas, contra la electrocución, cuando el contacto entre una parte viva del circuito protegido y la tierra hace que la corriente fluya a través del cuerpo de una persona. Un GFCI desconecta el circuito cuando una corriente igual o mayor al punto de calibración (4 mA a 6 mA) fluye a través del circuito a tierra protegido.

Tipos de GFCI: (1) Interruptor automático, (2) Receptáculo, (3) Portátil, (4) Montado de forma permanente.



# EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA



El equipo de detección y relé contra fallas a tierra se utiliza para prevenir daños a los conductores y los equipos. El equipo de protección consta de tres componentes principales; (1) sensores, (2) relé o unidad de control, y (3) un medio de disparo.



# PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



Los sistemas eléctricos, son intencionalmente puestos a tierra, para estabilizar la tensión en condiciones de funcionamiento normales y para mantener la tensión de las fases con respecto al conductor puesto a tierra (neutro).

Las superficies eléctricamente conductoras son normalmente puestas a tierra por motivos de seguridad. Esta conexión a tierra es necesaria para mantener los envolventes metálicos, o las partes no portadoras de corriente de los equipos eléctricos al potencial de tierra y para evitar tensiones peligrosas entre el equipo y la tierra.



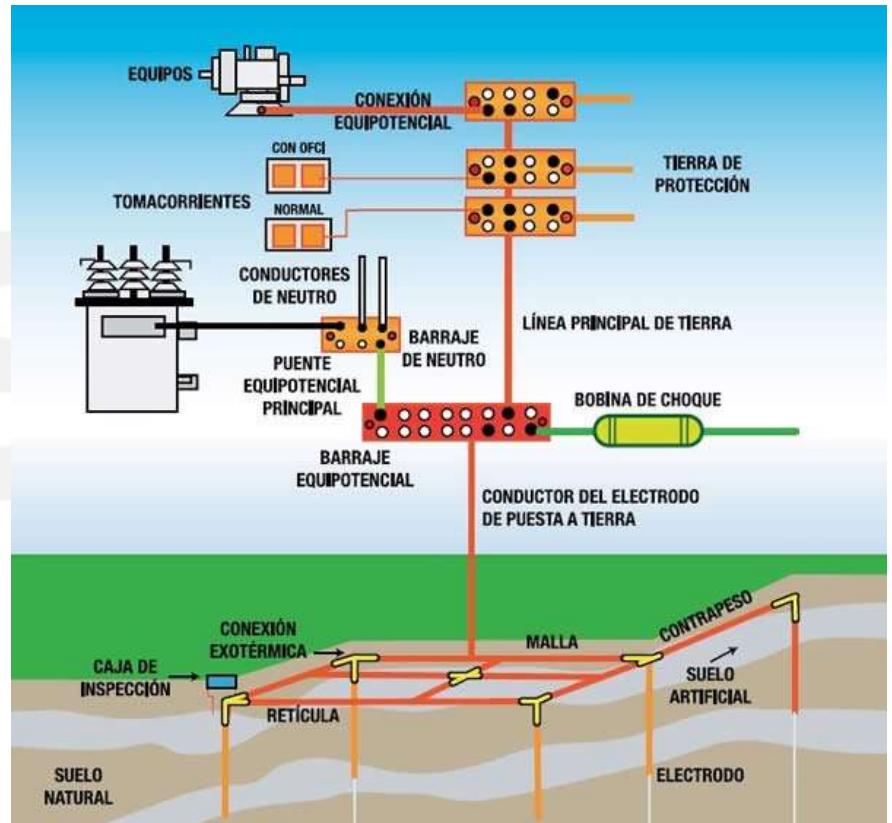
# PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



Tierra aislada: Conductor aislado de puesta a tierra del equipo.

Puesta a tierra de la armadura: Puesta a tierra intencional de un o ambos extremos de la armadura de un cable.

Bobina de choque: funciona para aislar mallas sensibles de cualquier perturbación proveniente del sistema eléctrico general, manteniendo la equipotencialidad.

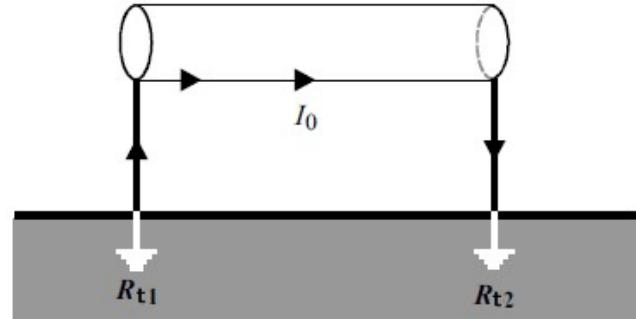


# PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



La armadura de los cables de fuerza se puede conectar al conductor de puesta a tierra del equipo ya sea en un extremo del cable (terminación única) o en ambos extremos (doble extremo). El blindaje asegurará un esfuerzo dieléctrico uniforme a lo largo de toda la longitud del cable. Cuando se pone a tierra en ambos extremos puede ser necesario cuidar los cables del calor ocasionado por la corriente de lazo a tierra.

Luminarias deben ser inspeccionadas para verificar que estén debidamente conectadas a tierra.



# PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



El tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de acuerdo con el Artículo 250 de NFPA 70

El conductor puesto a tierra deber estar conectado al conductor de puesta a tierra del equipo únicamente de acuerdo a como lo permite el Artículo 250 de NFPA 70. El conductor puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo deben ser dimensionados de acuerdo con NFPA 70.

Una solución es instalar un receptáculo con puesta a tierra aislada (identificado por el color naranja y/o el triángulo de color naranja) en el cual el terminal de puesta a tierra del equipo está aislado del soporte de montaje.

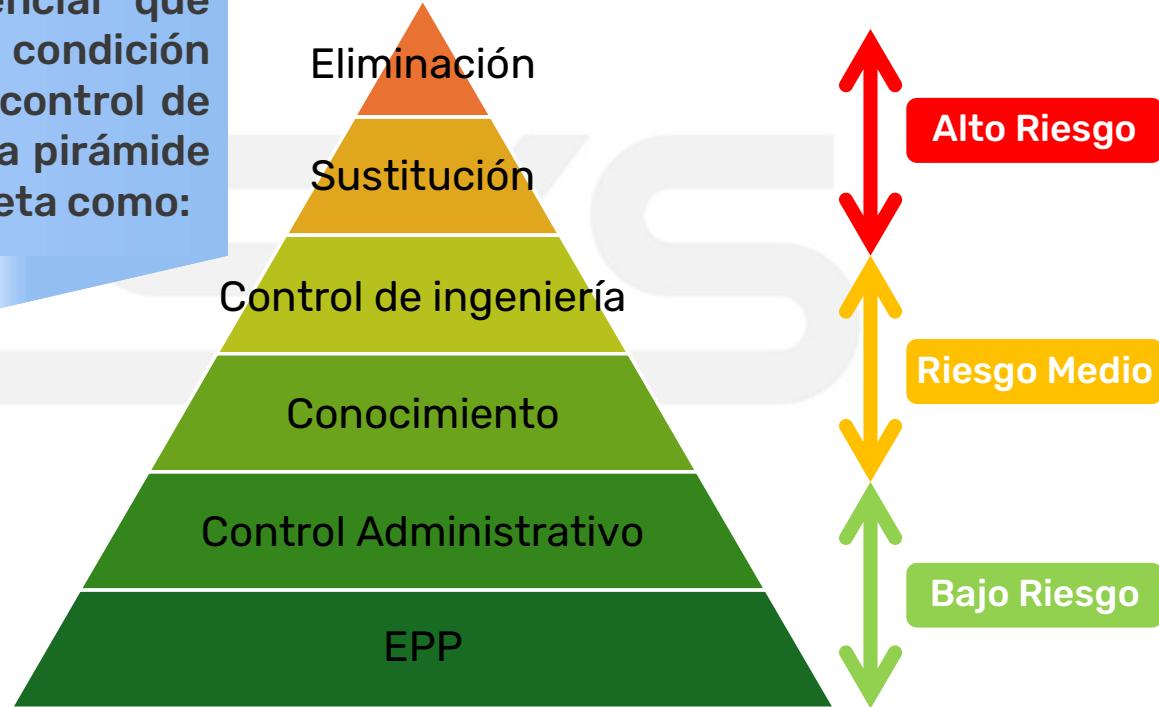


# JERARQUÍA DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE RIESGOS



El riesgo es un acto o condición potencial que conducirá a resultados no deseados. Esta condición puede eliminarse utilizando el principio de control de riesgo, basado en el orden de prioridad de la pirámide que va de arriba hacia abajo. Esto se interpreta como:

1. Eliminar la causa del peligro completamente.
2. Sustituir o reemplazar las prácticas de trabajo peligrosas.
3. Aplicar el control de ingeniería para realizar cambios físicos.
4. Aplicar control administrativo para capacitar o concientizar sobre la evaluación de los riesgos.
5. Utilizar EPP para ejecutar el trabajo.



- El control o la eliminación del peligro por medio de su diseño o incorporando elementos de seguridad deberían ser siempre la prioridad. Las soluciones conductuales deberían mantener el lugar que les corresponde en la jerarquía de controles
  
- Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas:
  - Diseño
  - Ejecución (montaje)
  - Mantenimiento
  - Uso
  - Desmantelamiento (desmontaje)

# CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO



El mantenimiento es un conjunto de técnicas destinadas a conservar los equipos y las instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, con la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

# CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO



**Mantenimiento predictivo:** Se fundamenta en conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de variables que indican las condiciones de los equipos. Requiere de técnicas avanzadas de diagnóstico.



**Mantenimiento preventivo:** Tiene como misión mantener un nivel de servicio en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento oportuno.



**Mantenimiento correctivo:** Conjunto de tareas destinadas a corregir defectos que se presentan en los equipos.

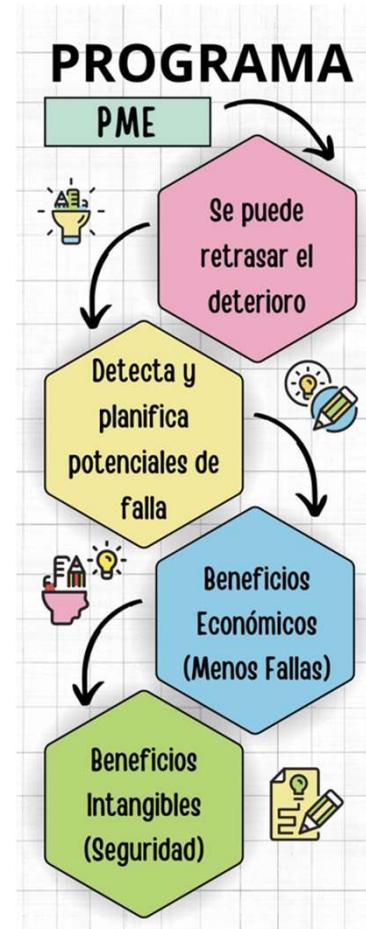
# ¿POR QUÉ UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO?



# ¿POR QUÉ UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO?



# BENEFICIOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO (PME)



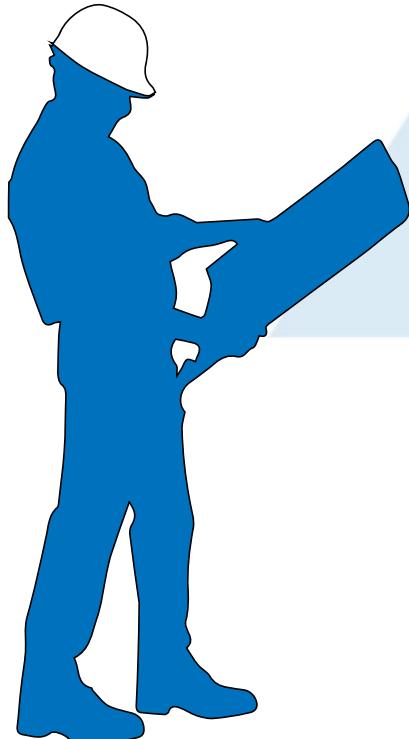
**Todo equipo eléctrico se deteriora producto del medio ambiente, régimen operacional, múltiples fallas, magnitudes eléctricas oscilantes (calidad de la energía).**

Un Programa de Mantenimiento Eléctrico (en adelante **PME**) detecta estos factores y los ataca.

# BENEFICIOS PME



## Directos



**Seguridad:** un PME bien administrado reduce accidentes, con lo cual se salvan vidas

**Tiempos de detención:** estadísticas muestran que la pérdida de producción debido a una detención de emergencia es mayor a cuando esta detención es debidamente planificada (Artículo 9.1.2.1.2, NFPA 70B).

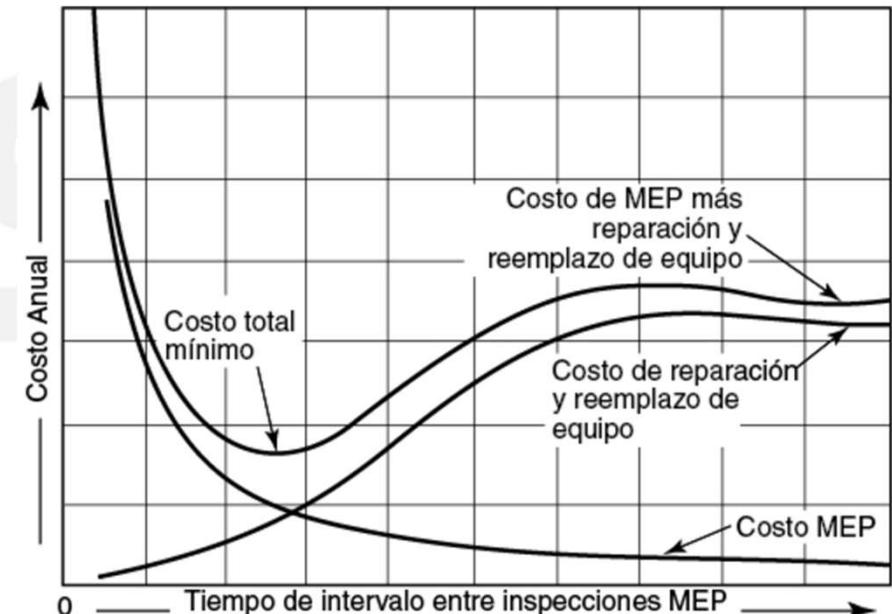
**Ahorro energético:** un equipo bien mantenido es más eficiente, por lo que consume menos energía.

# BENEFICIOS PME



## Directos (económicos)

- El tener un intervalo entre inspecciones muy corto lleva a gastos demasiado altos, los cuales son innecesarios debido a la confiabilidad del equipo durante su vida útil.
- Los costos de reparación y reemplazo de equipo aumentan a medida que los intervalos entre inspecciones son mayores.
- El gasto mínimo se alcanza cuando los intervalos entre inspecciones disminuyen debido a la confiabilidad del equipo, mientras que el costo de reparación del mismo no es tan alto como lo sería el reemplazo.



# BENEFICIOS PME



## Intangibles

- Estado anímico del personal.
- Mano de obra optimizada.
- Reducción de ausentismo laboral.



# ¿POR QUÉ UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO?



Pérdidas asociadas a fallas eléctricas, incluyendo por daño eléctrico y por incendio.

Clase de equipo	Número de pérdidas por todas las causas, incluyendo las desconocidas	Pérdidas brutas en dólares por todas las causas, incluyendo las desconocidas (\$1000)	Número de pérdidas por causas desconocidas	Pérdida del dólar bruto por causas desconocidas (\$1000)	Número de pérdidas por causas desconocidas debido a un mantenimiento inadecuado	Pérdidas brutas por causas conocidas debido a un mantenimiento inadecuado (1000\$)
Transformadores	529	185,874	229	27,949	71	47,973
Generadores	110	110,951	31	39,156	14	40,491
Cables	230	99,213	68	59,881	23	7,756
Motores	390	57,004	199	17,027	34	15,345
Interruptores automáticos	104	24,058	32	6,874	10	5,054
Controladores, interruptores, tableros y paneles de distribución	108	17,786	36	5,537	17	2,308
<b>Total</b>	<b>1471</b>	<b>494,886</b>	<b>595</b>	<b>156,424</b>	<b>169</b>	<b>118,925</b>

A large, semi-transparent graphic element consisting of a light blue triangle pointing upwards and a light orange triangle pointing downwards, positioned behind the module title.

E-SYS

## Módulo 4: Planificación de un PME

# PLANIFICACIÓN DE UN PME



El propósito de un PME es reducir los riesgos para la vida y la propiedad causados por fallas o mal funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos.

Un PME debe estar diseñado para funcionar en conjunto con un Programa de Seguridad Eléctrica (PSE).

# PILARES DE UN PME



# ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN PME



Inspecciones,  
revisiones y pruebas  
programadas

Condiciones de  
mantenimiento

Política de registros  
y documentación de  
mantenimiento,  
equipamiento y  
personal

Identificación del  
personal  
responsable

Procesos para elaborar,  
implementar y  
documentar medidas  
correctivas

Inspección y análisis  
de los sistemas y  
equipos eléctricos

Incorporación de  
diseño para  
mantenimiento

Procedimientos de  
mantenimiento para los  
equipos

Proceso de  
revisión para mejoras  
continuas

# REQUISITOS DEL PME



El fabricante tiene la primera palabra

Si no hay información

**“La NFPA 70B no reemplaza ni duplica instrucciones del fabricante”**

“El equipo se mantendrá de acuerdo con las normas o estándares de la industria”

# REQUISITOS DEL PME



Para la planificación y desarrollo de un PME se deben considerar los siguientes 4 pasos



RECOPILAR UN LISTADO DE TODOS LOS SISTEMAS Y EQUIPOS

DETERMINAR QUÉ EQUIPOS Y SISTEMAS SON LOS MÁS CRÍTICOS

DESARROLLAR UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN

DEFINIR EL PERSONAL NECESARIO (INTERNO O EXTERNO) PARA IMPLEMENTAR Y REALIZAR EL PME

# PASO 1: LISTADO DE ACTIVOS



ID	Revision Data	Type	Manufacturer	Model
RELÉ N°2 52JT1-FILOMENA	Base		Siemens	7UT633/635
RELÉ 52-01 5155-XFP	Base		Siemens	7UT633/635
RELÉ 52-05 HOLDING TANK	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 4266-XFP	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-4820-SGM-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-1 5155-SGM	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 4235-XFP-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52_4510-XFP-002	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52E-06 - SALA 12T-1	Base		Siemens	7UT613
Relay127-1-1	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52_4510-XFP-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 4544-XFP-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52_4530-XFP-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 4530-XFP-002	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-03 SWG-903	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-02 - SWG-903	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 HOLDING TANK	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 SWG 901	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 SWG-902	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52 5151-SGM-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ N°2 52JT2 CONF.	Base		Siemens	7UT613
RELÉ N°2 52JT1 CONF.	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-02 SWG-902	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-E - SWG-903	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-00 - SWG-903	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-03 SWG 901	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 7UT613 TRAFO N°2	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 7UT613 TRAFO N°1	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 5152-SGM-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 5153-SGM-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-01 5154-SGM-001	Base		Siemens	7UT613
RELÉ 52-4225-XFP-002	Base		Siemens	7UT612
RELÉ 52-4225-XFP-001	Base		Siemens	7UT612
RELÉ 52-01 4840-0285-6	Base		Siemens	7UT612
RELÉ 52-03 4266-SGM	Base		Siemens	7SJ80
RELÉ 52-04 4266-SGM	Base		Siemens	7SJ80
RELÉ 52-02 4266-SGM	Base		Siemens	7SJ80
RELÉ 7SJ647 LÍNEA N°4	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 7SJ647 LÍNEA N°1	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 7SJ647 LÍNEA N°6	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 7SJ647 LÍNEA N°5	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 52-01 STA. FILOMENA	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 52-02 STA. FILOMENA	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 52-05 STA. FILOMENA	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 52-06 STA. FILOMENA	Base		Siemens	7SJ64
RELÉ 52-04 STA. FILOMENA	Base		Siemens	7SJ64

## PASO 2: DEFINIR CRITICIDAD DE EQUIPOS

Los equipos que operan en las instalaciones industriales se pueden clasificar como:

- **Críticos.** Afectan la seguridad, al medio ambiente, la productividad y/o la calidad.
- **Importantes.** Afectan a la empresa, pero sus consecuencias no son críticas.
- **Prescindibles.** Inciden escasamente en la operación de la empresa.



## PASO 2: DEFINIR CRITICIDAD DE EQUIPOS



PME : PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

# PASO 3: SISTEMA DE SUPERVISIÓN

Manage RCM Assessments ▾

## RCM Assessment for Pump

RCM\_AS\_01

Technical Object: Raw water Pump 2(20024005)  
Failure Data Profile: Failure Data for Pump(15-AD-PUP)

Risk Score	Criticality	Status
<span style="color:red">41.0</span>	O&M Safety critical (A)	In Process

[Change Status](#) ▾

[Information](#) [Assessment](#)

**Hierarchy**

- Get rid of excess water
  - (01)
- Total loss of function
  - (01)
  - Breakdown
    - (BD)
  - Low output (LOO)
- Pressure Control
  - (02)
- Pump (Pump)
  - (03)

**Details:** Failure Mode

**General Details**

Code ID: BRD	Code Short Description: Breakdown	Code Group ID: ZSR0PU2	Code Group Short Description: Type 2 Failure mode for Pump
-----------------	--------------------------------------	---------------------------	---

**Consequence Evaluation**

Type of Consequence: Environmental Risk	Maintenance Policy Recommended: Scheduled Replacement Task Recommended	Consequence Score: E3
--	---	--------------------------

[Edit Consequence Evaluation](#) [Simulate](#)

**Failure Mechanisms (2)**

<input type="checkbox"/> Failure Mechanism	Code Group
<input checked="" type="checkbox"/> Overheated	

[Assign](#) [Remove](#)

**RAC for SVA-Raw water Pump**

RAC\_AS\_25

Risk type: Current Risk Valid To: Mar 13, 2025 Status: Created

Information Assignments Assessments

**Assignments (2)** Search Apply To ... Impacts

Group: Group Order (Ascending), Group By: Assessment To... Details

**Safety: ⓘ Safety**

CONSEQUENCE	Note:
Major	Enter Notes

Scale Value: 11

**LIKELIHOOD**

Possibility	Note:
Probable	Enter Notes

Scale Value: 4

**Financial Risk:** 500000 IWR

Risk Score: **44.00**

**LIKELIHOOD**

	Almost Certain	Likely	Possible	Unlikely	Rare
Impact	11.00	22.00	55.00	121.00	198.00
Probability	7.00	14.00	35.00	77.00	196.00
Severity	4.00	6.00	20.00	44.00	72.00
Score	1.00	1.00	5.00	11.00	19.00

PLAN MANTENIMIENTO	FRECUENCIA ACTUAL	FRECUENCIA PROPUESTA	ITEM ACTIVIDAD	DESCRIPCION	PUESTO DE TRABAJO ACTUAL	STATUS PLAN
30126393	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-001	16W LAVADO DE AISLADORES LINEAS ELECTRICAS	MN51	INACTIVO
30123033	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-002		MN51	INACTIVO
30123035	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-003		MN51	INACTIVO
30123036	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-004		MN51	INACTIVO
30123910	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-005		MN51	INACTIVO
30123038	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-006		MN51	INACTIVO
30123039	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-007		MN51	INACTIVO
30123041	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-008		MN51	INACTIVO
30123043	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-009		MN51	INACTIVO
30123045	16 W	16 W	16W Elec Prge Aisladores Linea TN-010		MN51	INACTIVO
	16 W	16 W	16W ELEC INSPEC CARGADOR BATERIA	16W INSPECCION CARGADORES BATERIAS SUBESTACION PRINCIPAL		NO CREADO
	16 W	16 W	16W ELEC INSPEC UPS	16W INSPECCION UPS SUBESTACION PRINCIPAL		NO CREADO
	16 W	16 W	16W HOUSEKEEPING SUBESTACION	16W LIMPIEZA DE SUBESTACION PRINCIPAL		NO CREADO
	16 W	16 W	16W LAVADO TORRETAS RECTIFICADORES	16W LIMPIEZA TORRETAS REFRIGERACION RECTIFICADORES		NO CREADO

Próximos MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	Por HORAS (48)	Por KM (38)	Por TIEMPO (51)	Intervalos MP:	Frente Límite	Faltan menos de 50 Horas	Faltan menos de 100 Horas	MP en curso								
VEHICULO # EQUIPO	Nº GT	FECHA HORA CERSE	ULTIMA DT MP CERRADA	NIVELES	HORAS	KM	Nº MP	DATOS ACTUALES (Horas/Hora)	ESTIMACION PRÓXIMO NIVEL MP							
								FECHA HORA LLEGADA	HORAS actuales	HORA S-estimada	KM actuales	KM horas	NIVELES	HORAS	FECHA ESTIMADA	FALTAN (Horas)
88. Hyundai Accent 256 LC-95	GT160442	18/05/16 17:00	7_1	5.684	44.932	110506 08:00	4	4.291, 6.0	8_1, 4_2, 2_1	8.234	04/05/2016	-17	47	Crear DT MP		
1000. HYUNDAI Scena P 440 A- (Camión por Horas)	GT160529	18/04/16 18:00	2_1	687	28.093	44.516	04/05/16 22:00	1.046, 3.7	41.743, 3_1	987	02/05/2016	-19	43	Crear DT MP		
1001. DSIRV Volkswagen 31.320E (Camión por Horas)	GT160182	28/02/16 20:00	6_3, 2_1	4.789	133.832	44.553	07/05/16 16:23	5.137,6 12.2	148.169, 1.0	5.009	30/04/2016	-21	39	Crear DT MP		
1002. DSIRV Scana P 440 A- (Camión por Horas)	GT160536	07/04/16 13:00	5_1	4.154	154.961	44.752	07/05/16 04:00	4.454, 12.6	165.554, 10.9	6_3, 2_1	4.454	07/05/2016	-14	0	Crear DT MP	
1004. GSPKA44 Scana D400A-EX4 (Camión por Horas)	GT160429	06/04/16 21:00	3_1	7.837	294.503	44.431	02/05/16 18:00	7.813, 7.3	304.940, 309	4_2, 1	7.827	05/05/2016	-16	24	Crear DT MP	
1001. DSIRV Scena P 440A-EX2 (Camión por Horas)	GT160438	06/04/16 20:00	4_2, 1	11.133	426.345	44.712	27/04/16 22:00	11.356, 4.7	433.901, 4.7	5_1	11.433	13/05/2016	-8	77	Crear DT MP	
45. Alfa Romeo 156 (Competitivo lector)	GT180804	19/04/16 14:00	3_1	10.839	44.853	11/05/16 08:00	11.006, 8.3	4_2, 1	11.009	24/05/2016	3	83	Crear DT MP			
1002. DSIRV Volkswagen 5-150E (Camión por Horas)	GT160329	18/04/16 21:00	3_1	6.942	159.961	44.254	04/05/16 17:00	7.373, 1.3	162.207, 1.3	4_2, 1	7.342	21/04/2016	-30	17	Ver OT MP en curso	
1007. DSIRV Scena P 316E-84Z (Camión por Horas)	GT160605	25/04/16 16:00	8_4, 2_1	9.961	236.321	44.238	28/04/16 12:00	16.362, 3.5	233.949, 9.6	10.261	27/04/2016	-24	16	Ver OT MP en curso		
301. VW T600 Catamarán DELTA (Camión por Horas)	GT152090	07/11/15 14:00	7_1	2.070	75.209	44.106	09/04/16 18:35	2.273, 7	78.707, 18	8_4, 4_2, 1	2.382	26/09/2016	128	12	Ver OT MP en curso	
93.0. MELE301 Renault ME-1086 (Camión por Horas)	GT160335	17/01/15 21:00	3_1	31.685	263.882	34.254	21/07/15 11:39	31.917, 7	304.225, 4	4_2, 1	32.191	Más de 8 meses sin HI	-203	279	Crear DT MP	
53. Ligier Zeta220 (ex SPH)	GT160555	28/04/16 15:00	5						8_3, 2_1,	309				309	Crear DT MP	
211. HYUNDAI Scena P 198-64Z (Camión por Horas)										1	306	No tiene HI	300	Crear DT MP inicial		
201. HUMLAZ Shacman SX257DT4 (Camión por Horas)										1	306	No tiene HI	300	Crear DT MP inicial		
713. HYUNDAI 44 Volkswagen Constellation 31.336 (Camión por Horas)										1	306	No tiene HI	300	Crear DT MP inicial		
200. HYUNDAI Mercedes Benz Atego 1726 (Camión por Horas)										1	306	No tiene HI	300	Crear DT MP inicial		
94. Reversa BA 2500 MAQ (Barredera)	GT191672	19/10/15 10:00	1	.244	43.962	102.018 21.86	308, .8		1	494	06/07/2016	46	106	Crear DT MP		

## PASO 4: DEFINIR PERSONAL



**EL PERSONAL QUE EJECUTA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DEBE ESTAR CALIFICADO.**

# CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME



Una persona calificada responsable de llevar a cabo mantenimiento debe estar entrenada en las tareas específicas de mantenimiento, métodos de prueba, uso de EPP y riesgos asociados.

- Una persona que durante su entrenamiento demuestra habilidades para desarrollar tareas de forma segura, estando bajo directa supervisión de una persona calificada, será considerada una persona calificada en dichas tareas.
- El empleador debe determinar bajo supervisión o inspección (realizada anualmente) que cada empleado cumple con los procedimientos y pruebas de mantenimiento entregados en el estándar.
- El entrenamiento debe ser documentado.

# CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME



COORDINADOR DE MPE

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Debe estar calificado para las tareas que le sean asignadas

PERSONAL EN ENTRENAMIENTO

# CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME



## CALIFICACIONES MÍNIMAS ESTABLECIDAS POR LA NORMA PARA EL COORDINADOR

**Competencias Técnicas:** Conocimiento en gestión de mantenimiento eléctrico, educación profesional asociada al cargo, entrenamiento y experiencia en campo.

**Habilidades:** Estar entrenada en planificación y desarrollo de objetivo, liderazgo y evaluación de riesgo eléctricos.



# REQUISITOS DEL PME



**El equipo de mantenimiento debe tener documentado de manera centralizada lo siguiente:**

- Copias de todos los procedimientos de inspección y prueba para esa zona.
- Copias de informes anteriores.
- Diagramas unifilares.
- Diagramas esquemáticos.
- Registros completos de los datos de rotulación.
- Catálogos de los fabricantes.
- Catálogos del servicio de almacenamiento de la planta.
- Suministro de formularios del informe.

# REQUISITOS PME



**Investigación:** el PME debe incluir un método de utilizar todos los reportes con la finalidad de mejorarse, este debe incluir:

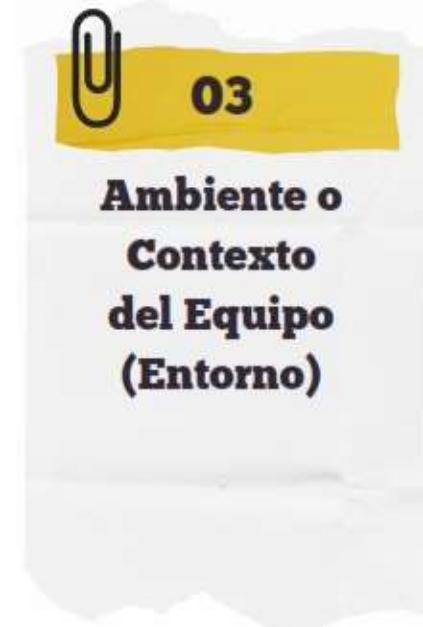
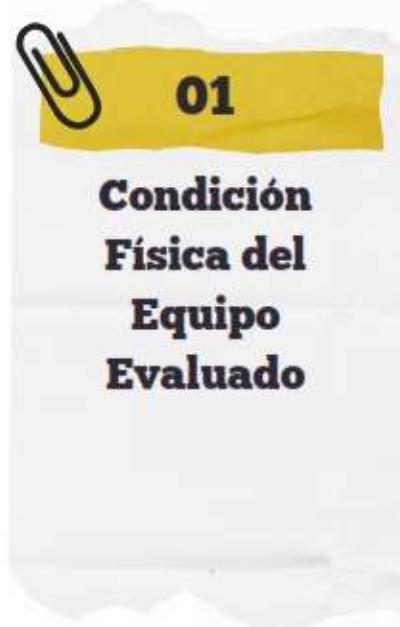
- Incidentes de seguridad eléctrica
- Malfuncionamiento de equipos
- Alarmas o operaciones sin intención
- Operación de equipos de protección

**Auditoría:** el PME debe ser auditado en un periodo no mayor a 5 años, esto para verificar que siga cumpliendo con el estándar.

# EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO



La condición del equipo se evalúa bajo 3 variables fundamentales:



# INTERVALO DE MANTENIMIENTO



## CONDICIÓN 1

- El equipo se ve como nuevo.
- No hay recomendaciones activas a partir de técnicas predictivas.
- El mantenimiento previo se llevó a cabo de acuerdo con el PME.

## CONDICIÓN 2

- Los resultados distan ligeramente respecto a pruebas anteriores.
- El ciclo de mantenimiento previo indicó problemas.
- Hay recomendaciones activas.

## CONDICIÓN 3

- El equipo no se ha sometido a los últimos 2 ciclos de mantenimiento.
- Los dos últimos ciclos de mantenimiento previos indicaron problemas.
- Existe una notificación activa de parte del sistema de monitoreo.
- Deben de tomarse acciones de forma urgente de acuerdo con las técnicas predictivas.

# INTERVALOS DE MANTENIMIENTO



La tabla **9.2.2.** de la norma muestra intervalos de mantenimiento, los cuales deben utilizarse en caso de no contar con las recomendaciones del fabricante.

Esta tabla muestra los intervalos de mantenimiento para un relé de protección.

Equipo	Prueba	Condición 1	Condición 2	Condición 3
Relé de Protección	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Prueba mecánica	60 meses	36 meses	12 meses
	Prueba eléctrica	60 meses	36 meses	12 meses

# PROCEDIMIENTOS



## Reconfiguración de equipos

La reconfiguración, reingeniería o adaptación en los equipos eléctricos deben estar autorizadas por el fabricante para no anular la garantía y la certificación de terceros.

Estas modificaciones o reparaciones pueden ser realizadas por el fabricante o por el personal que cuente con conocimientos y habilidades certificadas.

Todo equipo que sea modificado debe estar identificado como tal.



## Lubricación

La lubricación con grasa o aceite en los rodamientos, ejes, engranes y mecanismos de los equipos eléctricos, así como en bisagras de puertas de los compartimientos, deben estar identificados para su uso y deben aplicarse correctamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante.



# PROCEDIMIENTOS



## Limpieza de los equipos

El método a utilizar debe estar determinado en función de la contaminación a remover.

- Suciedad: paño limpio, seco, sin pelusa o un cepillo suave
- Polvo, suciedad y partículas sueltas: limpieza por aspiración
- Si no sirven los anteriores: aire comprimido
- Suciedad, aceite o grasa: paño húmedo más solvente no inflamable
- Algunos equipos podrían requerir limpieza por medio de un chorro de arena no conductivo



El manejo, disposición y eliminación de residuos deben estar normados por procedimientos y con base en las leyes ambientales.

# PROCEDIMIENTOS

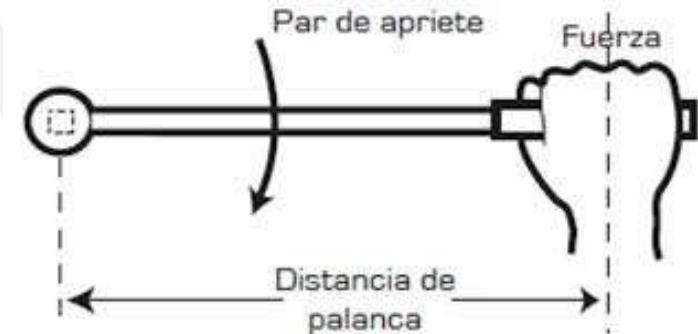


## Conexiones y terminaciones roscadas

**El torque en conexiones y terminaciones roscadas, así como en la tornillería debe hacerse con herramienta adecuada y donde aplique con torquímetro. Los valores de apriete deben ser los recomendados por el fabricante, ver tabla I.1, I.2, I.3 de NFPA 70 o de otras normas que correspondan.**

**Marque el apriete donde sea necesario con pintura.**

**En las conexiones eléctricas que empleen tronillos mida el valor de resistencia óhmica, consulte ANSI/NETA MTS.**



# REGISTROS



Los registros deben ser conservados para evaluar los resultados globales del PME. Los análisis de registros deberían guiar el presupuesto de lo planeado y la reparación de las fallas.

Se debería contar con costos totales de cada paro programado, este es un indicador poderoso que sirve para la guía de gastos del PME.

Se debe contar con un cronograma accesible para planificar los requerimientos de la mano de obra.

El registro de las ordenes de trabajo permite observar que ordenes están incumplidas, en ejecución, diferidas, concluidas.



A large, semi-transparent watermark of the E-SYS logo is positioned in the center-right area of the slide.

# Módulo 5: Estudios de Sistemas Eléctricos

# ESTUDIOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO



A.6.1.1 Los estudios de ingeniería generalmente cubren las siguientes áreas:

(1) Estudios de cortocircuito

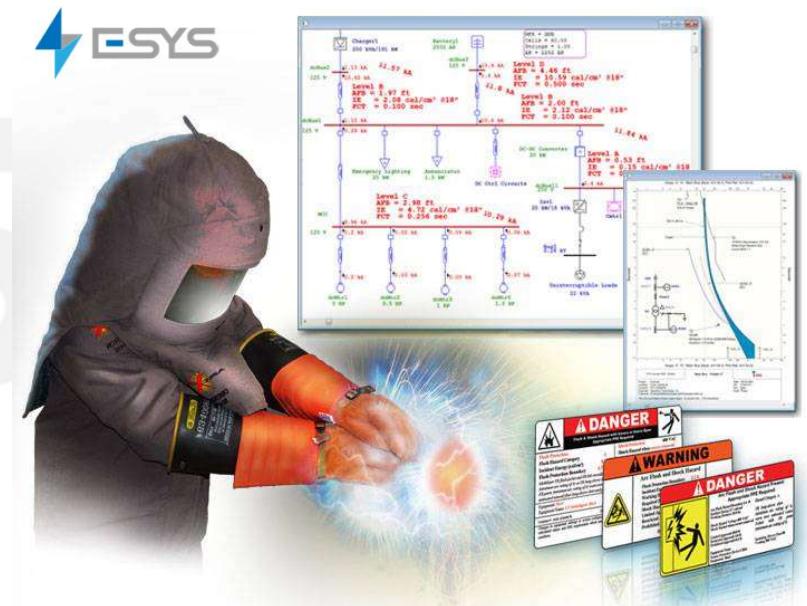
(2) Estudios de coordinación

(3) Estudios de flujo de carga

(4) Estudios de confiabilidad

(5) Estudio de relámpago de arco

(6) Estudios de diseño relacionados con el mantenimiento



# ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA



## A.6.5. Estudio de flujo de carga

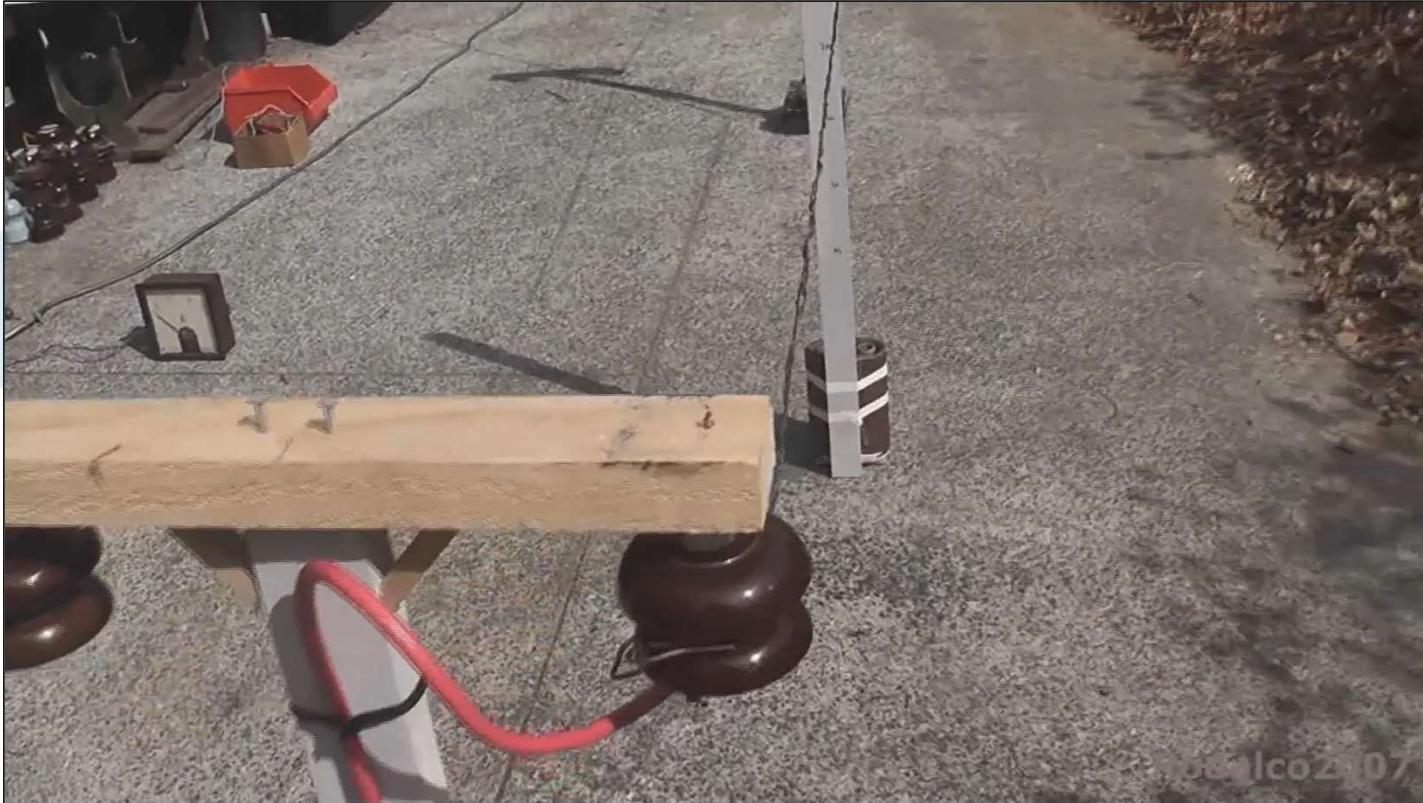
**Algunos de los eventos que resultan en cambios en el flujo de carga incluyen cambios de motores, potencia del motor, tamaño del transformador o impedancia; configuraciones operativas no previstas en el estudio existente; agregar o quitar capacitores de corrección del factor de potencia; y agregar o quitar cargas.**

<b>POWER TRANSFORMERS SURVEY</b>		Date: _____										
Installation: _____		Location: _____										
<b>Transformer Identification:</b>												
Type: <input checked="" type="checkbox"/> Isolation <input type="checkbox"/> Shielded Isolation <input type="checkbox"/> Dry <input type="checkbox"/> Oil <input type="checkbox"/> Pad or Pole Mounted												
Number of units: _____	kVA Rating of each unit: _____	Phases: _____ Impedance: _____ %										
Load Tap Changing: <input type="checkbox"/> Automatic <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> None												
Cooling System (O/A/P/etc.): _____	Nameplate Power Factor: _____											
Measured Power Factor: _____	Measured Displacement Power Factor: _____											
<b>LOW VOLTAGE BREAKER DATA RECORD</b>												
Site: _____		Date: _____	Page: _____									
No.	Location	Breaker				Interv. Time	Relay					
		Mfgr.	Type	Rated Voltage	Frame Rating		Mfgr.	Type	Long Time Delay	Short Time Delay	Instant	Ground
Measured Voltages	V <sub>A,B</sub> V <sub>B,C</sub> V <sub>A,C</sub>											
Harmonic Voltages	THD 3rd 5th .th .th											
Measured Currents	I <sub>A</sub> I <sub>B</sub> I <sub>C</sub>											
Harmonic Currents	THD 3rd 5th .th .th											
Conductor Sizes	Phases: _____ # of Conductors/phase: Neutral: _____ # of Conductors/phase: Ground: _____ # of Conductors: _____	P N G										

**En el Anexo E - Formularios, se incluyen formularios típicos de recolección de datos de los equipos eléctricos.**

# ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA

## FALLAS ELÉCTRICAS: SOBRECARGA



# ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA



## A.6.5. Estudio de flujo de carga

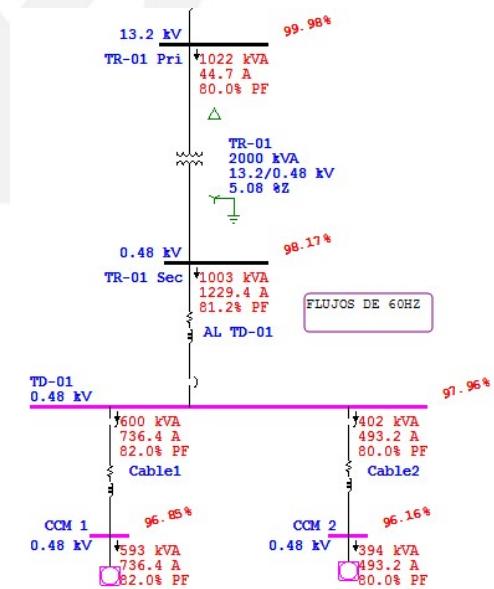
Los estudios de flujo de carga muestran la dirección y la cantidad de energía que fluye desde las fuentes disponibles hacia cada carga. Mediante dicho estudio, se puede determinar el voltaje, la corriente, la potencia, la potencia reactiva y el factor de potencia en cada punto del sistema.

### 6.5.1

Si se necesita un estudio de flujo de carga para permitir que se realice el mantenimiento, el estudio de flujo de carga deberá actualizarse cuando ocurran cambios que puedan afectar los resultados del estudio.

### 6.5.2

Se deberá revisar la exactitud del estudio de flujo de carga a intervalos que no excedan los 5 años.



# ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

## FALLAS ELÉCTRICAS: CORTOCIRCUITO



# ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO



## A.6.3. Estudio de cortocircuito

**Los cortocircuitos o corrientes de falla representan una cantidad significativa de energía destructiva que puede liberarse en los sistemas eléctricos en condiciones anormales. Durante el funcionamiento normal del sistema, la energía eléctrica se controla y realiza un trabajo útil. Sin embargo, en condiciones de falla, las corrientes de cortocircuito pueden causar daños graves a los sistemas y equipos eléctricos y crear el potencial de lesiones graves al personal.**

Durante las condiciones de cortocircuito, la energía térmica y las fuerzas magnéticas son liberadas en el sistema eléctrico. La energía térmica puede fundir el aislamiento y el conductor, así como causar una explosión y contribuir a la destrucción del equipo. Las fuerzas magnéticas pueden doblar las barras colectoras.



# ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO



## A.6.3. Estudio de cortocircuito

Las siguientes son algunas de las condiciones que podrían requerir una actualización del estudio de referencia de cortocircuito:

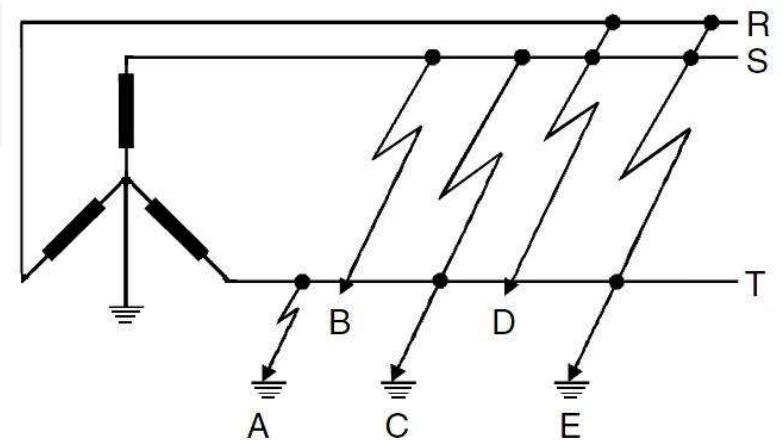
(1) Un cambio por parte de la compañía de electricidad.

(2) Un cambio en la configuración del sistema primario o secundario dentro de las instalaciones.

(3) Un cambio en el transformador: potencia (kVA) o impedancia (%Z).

(4) Un cambio en las longitudes o tamaño de los conductores.

(5) Un cambio en los motores conectado al sistema.



# ¿Qué problemas podrían traer como consecuencia?



Wondershare  
FilmoraGo

# ESTUDIO DE COORDINACIÓN



## A.6.4. Estudio de coordinación

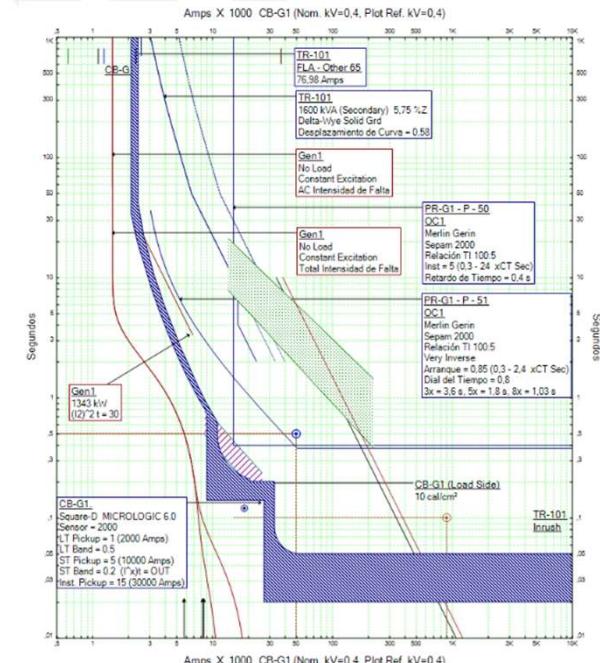
Una coordinación inadecuada puede provocar cortes de energía innecesarios. Por ejemplo, las fallas en los circuitos derivados pueden abrir varios dispositivos de sobrecorriente aguas arriba. Este proceso puede escalar y causar apagones importantes, lo que resulta en la pérdida de producción. Los apagones también afectan la seguridad del personal.

### 6.4.1

Se creará un estudio de coordinación según sea necesario para respaldar las evaluaciones de riesgos y los objetivos de diseño del sistema previstos.

### 6.4.3

Se revisará la precisión del estudio de coordinación a intervalos que no excedan los cinco años.



# ESTUDIO DE COORDINACIÓN



## A.6.4. Estudio de coordinación

Los cambios que afectan la coordinación de los dispositivos de sobre corriente en el sistema eléctrico incluyen los siguientes:

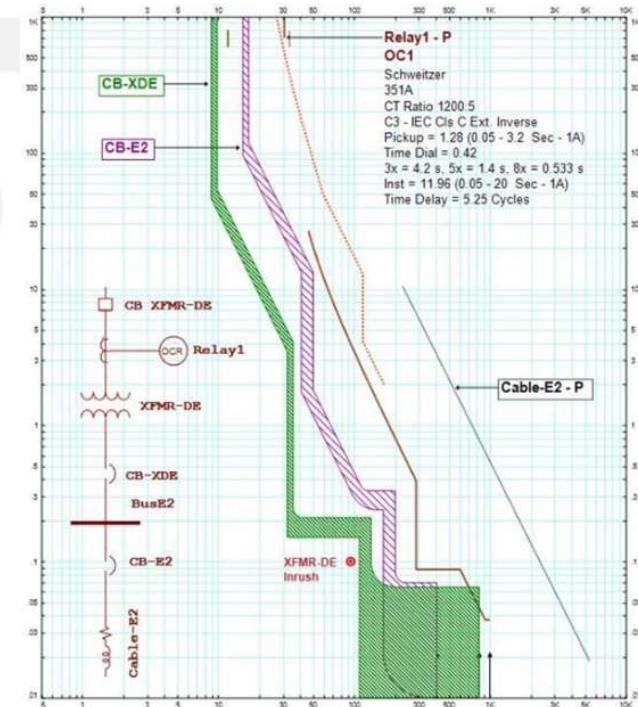
(1) Un cambio en la corriente de cortocircuito disponible

(2) Reemplazo de los dispositivos de sobrecorriente por otros dispositivos con rangos o características de funcionamiento diferente.

(3) Ajuste de la configuración de los interruptores automáticos o relés.

(4) Cambios en la configuración del sistema eléctrico.

(5) Mantenimiento, pruebas, y calibración inadecuados.



# ESTUDIO DE CONFIABILIDAD



## A.6.6. Estudio de confiabilidad

**Los métodos de estudio se basan en la teoría de la probabilidad. La fiabilidad calculada de los diseños alternativos de sistemas, así como la selección y el mantenimiento de los componentes, se pueden utilizar para determinar las mejoras más económicas del sistema.**

### 6.6.1

**Se realizará un estudio de confiabilidad, según sea necesario, en sistemas eléctricos de instalaciones críticas o importantes para identificar equipos y configuraciones de circuitos que puedan provocar cortes de energía no planificados.**

### 6.6.3

**El estudio de confiabilidad deberá revisarse para comprobar su precisión a intervalos que no excedan los 5 años.**



# ESTUDIO DE CONFIABILIDAD



## A.6.6. Estudio de confiabilidad

Se puede realizar un estudio de confiabilidad cuando se están considerando sistemas, componentes o tecnologías alternativas para mejorar la confiabilidad. Los cambios que afectan la confiabilidad de un sistema o componente eléctrico pueden incluir uno o más de los siguientes:

- (1) Diseño del sistema**
- (2) Fiabilidad de la fuente de alimentación**
- (3) Selección de equipos**
- (4) Calidad del mantenimiento**
- (5) Antigüedad del equipo**
- (6) Entorno operativo**
- (7) Disponibilidad de repuestos**

# CASO DE ANÁLISIS N°1



## "EL GRÁN APAGÓN"

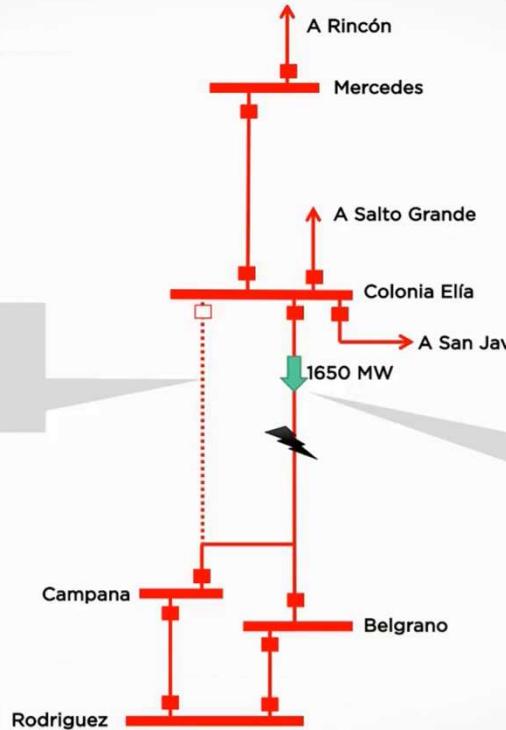
*El 16 de Junio del 2019 ocurrió un "blackout" masivo en Argentina, afectando a los países de Uruguay, Chile, Paraguay y Brasil a causa de una falla en el SADI (Sistema Argentino de Interconexión) en la línea de transmisión argentino-uruguaya y argentino-paraguaya. Este apagón se produce por una falla debido al incorrecto funcionamiento del sistema de protecciones.*

# CASO DE ANÁLISIS N°1



7:06:24

Línea C. Elía - Campana  
disponible desde 18/04/2019



07:06:24  
Cortocircuito en línea Colonia Elía -  
Belgrano

Créditos:  
Canal Sigueme La Corriente - Rubén Lijo

# ESTUDIOS DE ARCO



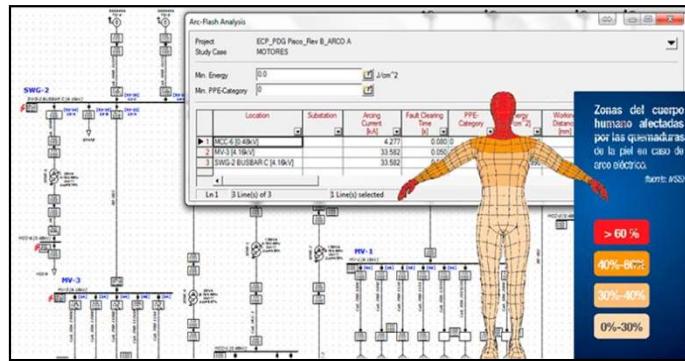
## 1. Formulas para el Análisis



PLANILLAS DE CALCULO:

- NFPA 70E
- IEEE 1584

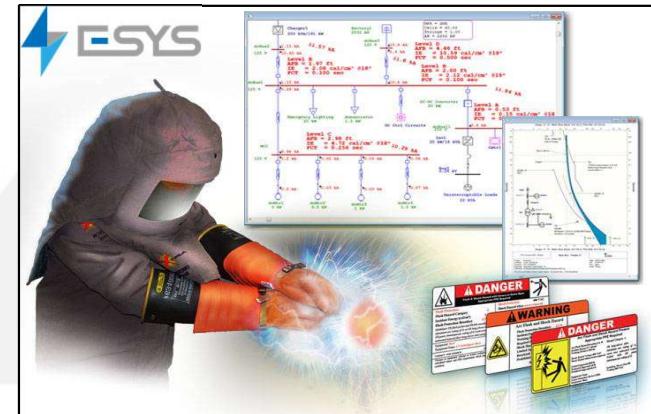
## 2. Comprando Software



APLICACIONES ENTORNO A  
WINDOWS: ~ \$750 - \$25.000

ETAP

## 3. Contratar Especialistas



DEBE TENER EXPERIENCIA EN  
ESTE TEMA PARTICULAR.

# CALCULADORA GRATUITA DE ARCO ELÉCTRICO



## Calculadora ArcFlash según la norma IEEE 1584-2018

Configuración de los Electrodos:

VCB

Corriente de Falla [kA]:

Distancia entre los Electrodos [mm]:

Tensión Nominal [kV]:

Duración del Arco Eléctrico [ms]:

Duración del Arco Eléctrico con Corriente de Arco Mínima [ms]:

Distancia de Trabajo [mm]:

Ancho [mm]:

Alto [mm]:

Profundidad [mm]:

Nivel de EPP Específico para el Sitio N°1 [cal/cm<sup>2</sup>]:

Nivel de EPP Específico para el Sitio N°2 [cal/cm<sup>2</sup>]:

Calcular

\*Cálculos basados en la norma IEEE 1584-2018

\*\*A pesar de estar comprobada la exactitud de estos resultados, se recomienda que estos sean revisados por especialistas!



# ESTUDIO DE RELÁMPOGO DE ARCO



## A.6.7. Análisis de energía incidente (Estudio de arco eléctrico)

Realizar un análisis de energía incidente (estudio de arco eléctrico) es un aspecto importante de la evaluación de riesgos. Se realiza una evaluación de riesgos en los sistemas eléctricos de las instalaciones para determinar lo siguiente para cada equipo eléctrico designado:

1. Exposición a energía incidente a distancia de trabajo.
2. Límite de arco eléctrico.

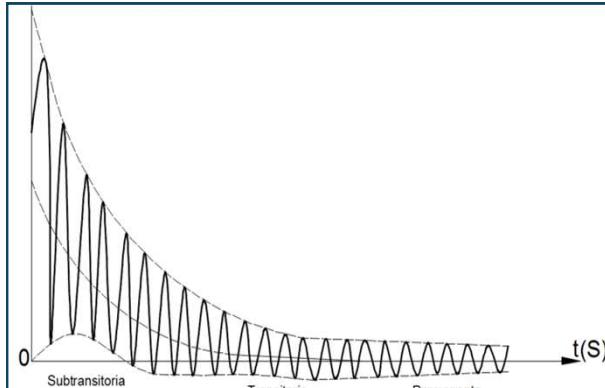
Cuando el resultado del análisis de energía incidente en un equipo designado sea mayor que lo apropiado para el EPP disponible, se debe implementar un medio para reducir el nivel de peligro.

## 6.7.2.

El estudio de confiabilidad deberá revisarse para comprobar su precisión a intervalos que no excedan los 5 años.



# VARIABLES A CONSIDERAR



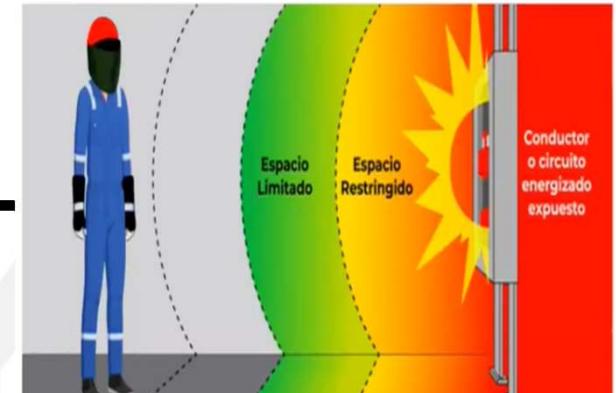
## CORRIENTE Y TIEMPO DE FALLA

Cantidad de corriente entregada en un punto del sistema durante una condición de cortocircuito.

El tiempo se mide en Ciclos



## CARACTERISTICAS DEL SISTEMA



## DISTANCIA DEL TRABAJO

Distancia entre el área de la cara y pecho de una persona y una fuente potencial de arco.

# ETIQUETADO



## ADVERTENCIA

**RIESGO DE ARCO Y CHOQUE ELÉCTRICO**

PROTECCIÓN ARCO ELÉCTRICO		PROTECCIÓN CHOQUE ELÉCTRICO	
Energía Incidente	1,06 cal/cm <sup>2</sup>	Peligro de Choque cuando las cubiertas son removidas	0,48 kV
Frontera de Arco Eléctrico	0,42 m	Frontera Limitada	1,00 m
Categoría de EPP Escondida BHP	1	Clase de Guantes	0

**Protección Mínima Exigida con Puerta Abierta y con Puerta Cerrada:**  
Camisa/polera de manga + pantalón u overol igual o superior a 8 [cal/cm<sup>2</sup>] + lentes de protección claros + protector facial y esclavina resistente al arco igual o superior a 8 [cal/cm<sup>2</sup>], casco aislante clase A (E), zapatos aislantes mínimo de 600 [V], guantes aislantes como mínimo clase 0 y sus respectivos guantes de cuero protectores. Otros EPP según evaluación de riesgos específica.

Equipo: 0940-DP-942  
Sala: S/E 940  
Fecha: 13/05/2024

Distancia mínima para delimitar zona de trabajo:  
**1,00 m**

## PRECAUCIÓN

**RIESGO DE ARCO Y CHOQUE ELÉCTRICO**

PROTECCIÓN ARCO ELÉCTRICO		PROTECCIÓN CHOQUE ELÉCTRICO	
Energía Incidente	25,5 cal/cm <sup>2</sup>	Peligro de Choque cuando las cubiertas son removidas	0,48 kV
Frontera de Arco Eléctrico	2,75 m	Frontera Limitada	1,00 m
Categoría de EPP Escondida BHP	2	Clase de Guantes	0

**Protección Mínima Exigida:**  
Camisa/polera de manga + pantalón u overol igual o superior a 35 [cal/cm<sup>2</sup>] + lentes de protección ocular claros + capucha resistente al arco igual o superior a 35 [cal/cm<sup>2</sup>], casco aislante clase A (E), zapatos aislantes mínimo de 600 [V], guantes aislantes como mínimo clase 0 y sus respectivos guantes de cuero (cabritilla) protectores. Otros EPP según evaluación de riesgos específica.

Equipo: Protección principal 0570-SG-101  
Sala: SALA 100  
Fecha: 13/05/2024

Distancia mínima para delimitar zona de trabajo:  
**2,75 m**

## PELIGRO

**RIESGO DE ARCO Y CHOQUE ELÉCTRICO**

PROTECCIÓN ARCO ELÉCTRICO		PROTECCIÓN CHOQUE ELÉCTRICO	
Energía Incidente	60,35 cal/cm <sup>2</sup>	Peligro de Choque cuando las cubiertas son removidas	0,48 kV
Frontera de Arco Eléctrico	4,20 m	Frontera Limitada	1,00 m
Categoría de EPP Escondida BHP	3	Clase de Guantes	0

**Protección Mínima Exigida:**  
Sin EPP para arco disponible. El trabajo energizado prohibido en forma directa. Evaluar los riesgos e implementar otros controles distintos al EPP.

Equipo: Bushing BT transformador 521-7S01-51  
Sala: SALA 13  
Fecha: 13/05/2024

Distancia mínima para delimitar zona de trabajo:  
**4,20 m**

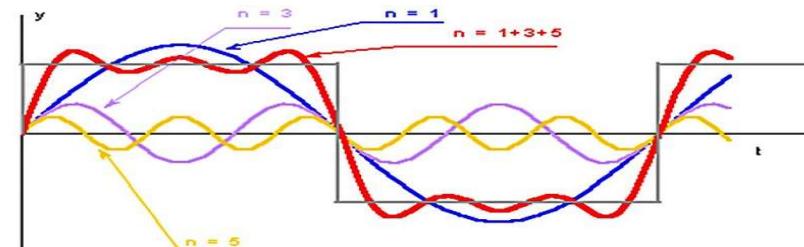
# ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



## J.1.1. Estudio de confiabilidad

**La mala calidad de la energía es una desviación o interrupción indeseable del suministro de energía ideal. La energía de corriente alterna (CA) podría distorsionarse debido a formas de onda no sinusoidales (no lineales) en las tres fases de un circuito trifásico. Estas suelen diferir ligeramente en tamaño y forma, y el voltaje del circuito puede cambiar a medida que cambia la carga en el circuito.**

**Algunos equipos, como los variadores de velocidad, conducen corriente solo durante una parte del ciclo de frecuencia de la energía. Estas son cargas no lineales y crean armónicos. Las fuentes de alimentación de modo conmutado y los dispositivos de arco, incluidas las lámparas fluorescentes, son otros ejemplos de cargas no lineales. Los problemas de calidad de la energía pueden ser causados por el equipo o las condiciones en las instalaciones del cliente o en el lado de la red eléctrica.**



# ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



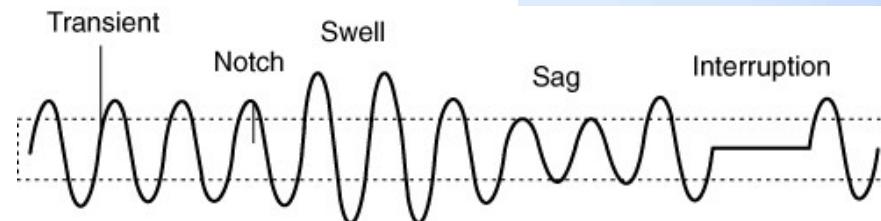
## La mala calidad de energía puede provocar lo siguiente:

1. Fallas eléctricas
2. Daños o reducción de la vida útil de equipos eléctricos y electrónicos.
3. Mayor riesgo de incendio.
4. Reducción del rendimiento y la productividad del equipo.
5. Datos y comunicación degradados.



## Las perturbaciones en la calidad de la energía pueden incluir lo siguiente:

1. Armónicos impuestos a la onda sinusoidal fundamental.
2. Transitorios de tensión.
3. Bajadas y subidas de tensión.
4. Subtensión de larga duración e interrupciones sostenidas de tensión.
5. Tensiones desequilibradas y monofásicas (interrupción parcial)
6. Puesta a tierra involuntaria.
7. Ruido eléctrico.
8. Interarmónicos.
9. Fluctuaciones de voltaje.



# ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



## J.11 Auditoría de calidad de energía

**Las auditorías de calidad de la energía son estudios generales que se utilizan para evaluar la calidad general de la energía del sistema. Estas auditorías suelen realizarse en los siguientes momentos:**

- 1. Antes de instalar un nuevo equipo en una instalación.  
Al poner en funcionamiento una nueva instalación.**
- 2. Al implementar un programa de mantenimiento de rutina para buscar cambios o tendencias.**
- 3. Al implementar un programa de mantenimiento de rutina para buscar cambios o tendencias.**

En el **Anexo E – Formularios**, se incluyen formularios típicos de recolección de datos de los equipos eléctricos.



A large, semi-transparent watermark-like graphic of the "ESYS" logo is positioned in the center-right area. To its left, there is a decorative graphic element consisting of two overlapping triangles: a light blue one pointing upwards and a light orange one pointing downwards, partially obscuring the "T" and "E" in the logo.

**E-SYS**

# **Módulo 6:**

## **Métodos de Inspección, Medición y Pruebas Eléctricas**

# UTILIDAD DE LAS PRUEBAS



## 8.1. Pruebas de campo y métodos de prueba

Se realizarán pruebas de campo y métodos de prueba de conformidad con este capítulo para evaluar el estado general de los equipos y sistemas eléctricos y para lograr los siguientes objetivos:

(1) Determinar la capacidad del dispositivo bajo prueba para continuar desempeñando su función según lo diseñado.

(2) Determinar si es necesario algún mantenimiento correctivo o reemplazo

(3) Documentar el estado del equipo a lo largo de su vida útil.

(4) Proporcionar resultados para determinar el estado general de mantenimiento del dispositivo.



# TIPOS DE CATEGORÍAS DE PRUEBA



1

## Prueba estándar en línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este conectado a la fuente de suministro.

1A

## Prueba mejorada en línea

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

2

## Prueba estándar fuera de línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este desconectado a la fuente de suministro.

2A

## Prueba mejorada sin conexión

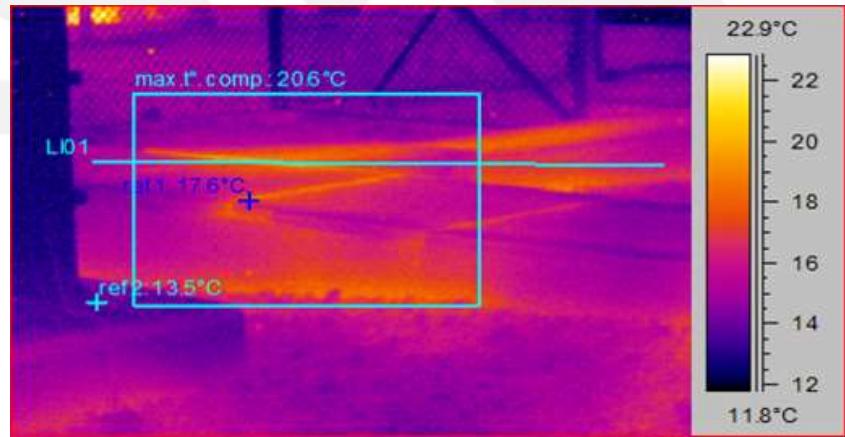
Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

# PRUEBA DE ACEPTACIÓN



## A.3.3.61.1 Pruebas de aceptación

**Las pruebas de aceptación se pueden utilizar para establecer puntos de prueba que se pueden usar como referencia durante pruebas futuras, realizadas en la fábrica, en el sitio o después de la instalación.**



# EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE PRUEBA



## 8.5.1 Equipos y herramientas de prueba.

**El equipo de prueba debe mantenerse en condiciones mecánicas y eléctricas satisfactorias.**



## 8.5.2 Equipos y herramientas de prueba.

**El equipo de prueba se debe utilizar de acuerdo con las especificaciones del fabricante.**



## 8.5.3 Equipos y herramientas de prueba.

**Los equipos de pruebas que proporcionen mediciones se deben calibrar.**



# CALIBRACIÓN DE EQUIPO



## A.8.5.3 Calibración de equipos

La calibración del equipo de prueba debe ser trazable a las normas nacionales reconocidas. El Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) es un ejemplo de ello en los Estados Unidos de América.

### 8.5.3 Equipos y herramientas de prueba.

Los equipos de prueba que proporcionen mediciones deberán estar calibrados.

### 8.5.4 Equipos y herramientas de prueba.

La información de calibración deberá estar fácilmente disponible para todos los equipos de prueba.

### 8.5.5 Equipos y herramientas de prueba.

Los intervalos de calibración del equipo de prueba deberán ser apropiados para garantizar la precisión del instrumento de prueba teniendo en cuenta las condiciones de uso.



National Institute of  
Standards and Technology

# **REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS**



## **8.6.1 Registro de pruebas**

**Se debe crear un registro de pruebas para todas las pruebas de campo de equipos eléctricos.**

## **8.6.2 Los registros de pruebas deben contener la siguiente información mínima:**

- 1. Identificación de la persona y la organización que realiza la prueba.**
- 2. Identificación del equipo bajo prueba.**
- 3. Datos de la placa o etiqueta del equipo bajo prueba.**
- 4. Condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, que podrían afectar los resultados de las pruebas o calibración.**
- 5. Fecha de prueba**
- 6. Indicación de prueba.**
- 7. Indicación de los criterios de aprobación/reprobación, cuando corresponda.**
- 8. Indicación de los resultados de las pruebas tal como se encontraron y como se dejaron, cuando corresponda.**
- 9. Comentarios o recomendaciones del operador de prueba, cuando corresponda.**

# REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



 <b>AngloAmerican</b>			<b>PAUTA DE INSPECCIONES</b> Gerencia de Suministro Eléctrico Los Bronces			<b>Nº Documento</b>	
NOMBRE	FECHA	VERSIÓN	<b>INSPECCIÓN Y LAVADO DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN 23 kV</b>			<b>Nº de OT:</b>	
Rev. A							
Área del Proceso		TAG	Descripción del Equipo Pauta aplicable a: <b>LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN 23kV</b>	Ubicación Técnica		Duración (horas)	<b>Nº Personas</b>
Procedimiento		XXXXX	Especialidad <b>ELÉCTRICA</b>	Fecha Realización	Hora Inicio Pauta	Hora Término Pauta	

# REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



Tarea N°	Sistema	Componente	Tarea de Mantenimiento	Límite Aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente
1	Sistema de Generación	Seguridad	Asegurarse que la persona que realizará la inspección y se aproximarán al equipo se encuentre calificada y autorizada para dicha actividad.	Procedimiento específico.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
2			Verificar que el entorno donde se realizará la inspección se encuentre asegurado correctamente de acuerdo al (procedimiento específico XXXX).  Si existen cambios que no sean favorables se debe reportar y asegurar que sea controlado antes de continuar.	Procedimiento específico.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
3		Placa de Datos	Verificar que el poste se encuentre correctamente identificado con su correspondiente tag, y comprobar que corresponda según lo mencionado en los planos.	Los datos deben coincidir con la información de los planos.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4		Estructura	Chequear el estado de las distintas estructuras de distribución de líneas.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
5		Bornes	Verificar si existe decoloración en los bornes o deformación a causa de fallas y sobrecargas.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
6		Aisladores	Chequear el estado de los aisladores en las líneas de distribución, asegurarse que no existan contaminantes que puedan interrumpir el normal funcionamiento. Informar anomalías de indicios de descargas parciales (decoloración/grietas según material de fabricación.)	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
7	Sistema de Generación	Fijaciones	Verificar que los tirantes de cada poste se encuentren correctamente afianzados y sin material contaminante que lo pueda dañar a largo plazo.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

# REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



OBSERVACIONES GENERALES (próximo mantenimiento /actividades adicionales realizadas /aspectos de seguridad detectados /otras anomalías)			Prioridad		
	1	2	3		
1					
2					
3					
4					

**Nota:** Escala de condición; 1- Alta 2- Media 3- Baja

HERRAMIENTAS		CÓDIGO SAP	C/u	Un.
1	Pauta de mantenimiento.		1	
2	Procedimiento de seguridad Minera Los Bronces.		2	
3	Procedimiento de seguridad empresa contratista.		2	
4	Agua desmineralizada.	6000	Lts. box	
5	Camión con capacho.		1	
6	Bomba impulsora.		1	
7	Pitón con boquilla.		1	

# REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



TÉCNICOS RESPONSABLES DEL TRABAJO		FIRMA
1		
2		
3		

# CONDICIONES DE MANTENIMIENTO



## A.8.7 Material explicativo

Un ejemplo de información sobre el estado de mantenimiento es un sistema de calcomanías. Se podría colocar una calcomanía con código de color en el gabinete exterior o la superficie del equipo o dispositivo eléctrico para comunicar el estado de mantenimiento o calibración del dispositivo probado, de acuerdo con las condiciones de mantenimiento descritas en 8.7.1.

**Servible**

Fecha: \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_

**Servicio Limitado**

Fecha: \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_

**No apto para servicio**

Fecha: \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_

# CONDICIONES DE MANTENIMIENTO



## Apto para el Servicio

Fecha: \_\_\_\_\_  
Por: \_\_\_\_\_

## Servicio Limitado

Fecha: \_\_\_\_\_  
Por: \_\_\_\_\_

## No apto para servicio

Fecha: \_\_\_\_\_  
Por: \_\_\_\_\_

### Calcomanía blanca

El equipo que pasa todas las pruebas satisfactoriamente, está en buenas condiciones eléctricas y mecánicas y es aceptable para volver a funcionar podría tener una calcomanía blanca de "**EN CONDICIONES DE SERVICIO**" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

### Calcomanía amarilla

Los equipos que tienen problemas que no son perjudiciales para el funcionamiento protector o las características de diseño del equipo, como objetivos de disparo que no funcionan correctamente, lecturas de resistencia de aislamiento ligeramente inferiores a las aceptables y conducto de arco astillado, podrían tener una calcomanía amarilla de "**SERVICIO LIMITADO**" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

### Calcomanía roja

Los equipos que tienen un problema que afecta negativamente al funcionamiento eléctrico o mecánico adecuado, como la falta de disparo en una o más fases, lecturas bajas de resistencia de aislamiento, problemas de disparo mecánico y lecturas altas de resistencia de contacto, podrían tener una calcomanía roja de "**NO APTO PARA SERVICIO**" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

# ¿Qué esta sucediendo?



# PRUEBAS ELÉCTRICAS GENERALES



## 7.3.1 Calidad de la resistencia de aislamiento

Para equipos con capacidad nominal de hasta 1000 voltios, la calidad del aislamiento eléctrico (resistencia de aislamiento) se deberá verificar utilizando un equipo de prueba de resistencia de aislamiento de CC.

### 7.3.1.1 Prueba de resistencia de aislamiento

La tensión de prueba aplicada no deberá superar el valor especificado por el fabricante.

### 7.3.1.2 Prueba de resistencia de aislamiento

Cuando no se encuentre disponible el valor del fabricante, la tensión de prueba deberá realizarse de acuerdo con el estándar industrial apropiado

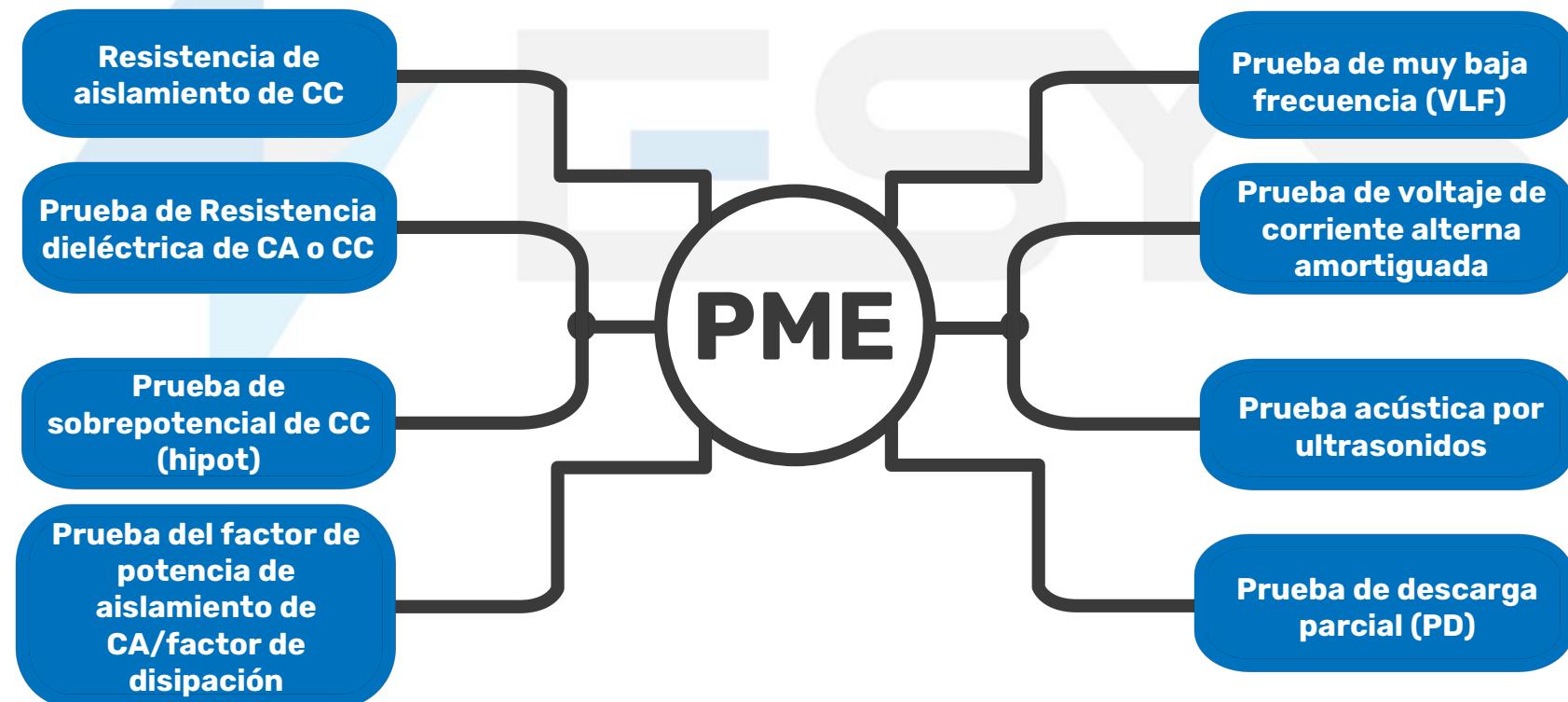


# PRUEBAS ELÉCTRICAS GENERALES



## 7.3.2 Calidad de la resistencia de aislamiento

Para equipos con capacidad nominal superior a 1000 voltios, el método de prueba de calidad del aislamiento eléctrico será determinado por el PME.



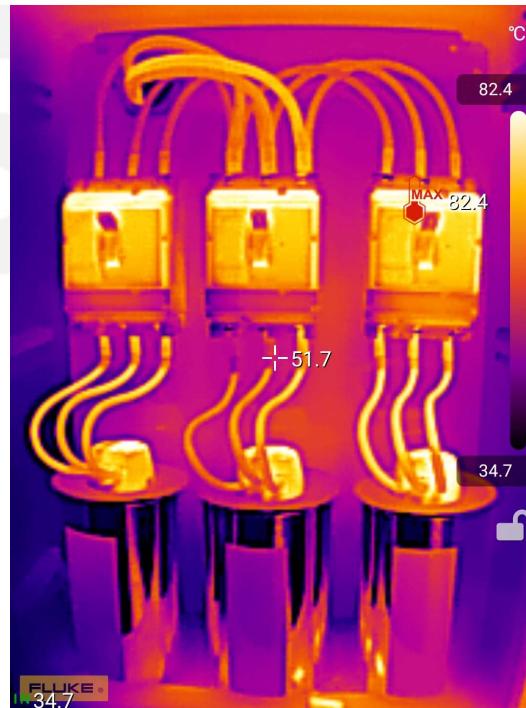
# PRUEBAS ELÉCTRICA GENERALES



## 7.4.1 Termografía infrarroja

Se utilizará termografía infrarroja cuando sea necesario verificar las diferencias de temperatura ( $\Delta T$ ) de lo siguiente:

1. Componentes eléctricos similares bajo carga similar
2. Comparación entre los componentes eléctricos y la temperatura del aire ambiente



# PRUEBAS ELÉCTRICA GENERALES



## 7.4.2 Termografía infrarroja

Se deberán quitar todas las cubiertas accesibles y necesarias antes de la inspección termográfica infrarroja para proporcionar una línea de visión clara al equipo que se está escaneando.

## 7.4.3 Termografía infrarroja

Se deberán documentar las diferencias de temperatura entre el área de interés y el área de referencia.

## 7.4.4 Termografía infrarroja

Las inspecciones de termografía infrarroja se realizarán con la carga normal del circuito.



Cuando no sea posible una carga normal del circuito, se permitirá una carga del circuito no inferior al 40 por ciento de la carga nominal del circuito.

A large, semi-transparent graphic element consisting of a light blue triangle pointing upwards and a light orange triangle pointing downwards, forming a stylized number "4".

E-SYS

# **Modulo 7:**

## **Criterios Generales De Mantenimiento Eléctrico Por Equipos**

# INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN



# INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN



## 15.1.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para los siguientes disyuntores y sus envolventes:



- 1) Interruptor de caja moldeada (MCCB) con capacidad nominal menor o igual a 1000Vac
- 2) Interruptor de caja aislada (ICCB) con capacidad menor o igual a 1000Vac
- 3) Interruptor de potencia de bajo tensión (LVPCB) con capacidad nominal menor o igual a 1000Vac
- 4) Interruptor de potencia de media tensión (MVPCB) con capacidad nominal mayor a 1000Vac e igual o menor a 69 kV Vac

# INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN



## 15.3 Procedimiento de mantenimiento periódico para interruptores de baja tensión

Inspección Visual

Tabla 15.3.1

Limpieza

Tabla 15.3.2.2

Lubricante

Tabla 15.3.3

Mantenimiento  
Mecánico

Tabla 15.3.4

Pruebas Eléctricas

Tabla 15.3.5



Para obtener información adicional y orientación sobre cómo probar interruptores de caja moldeada, consulte **NEMA AB-4**.

# TIPOS DE CATEGORÍAS DE PRUEBA



1

## Prueba estándar en línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este conectado a la fuente de suministro.

1A

## Prueba mejorada en línea

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

2

## Prueba estándar fuera de línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este desconectado a la fuente de suministro.

2A

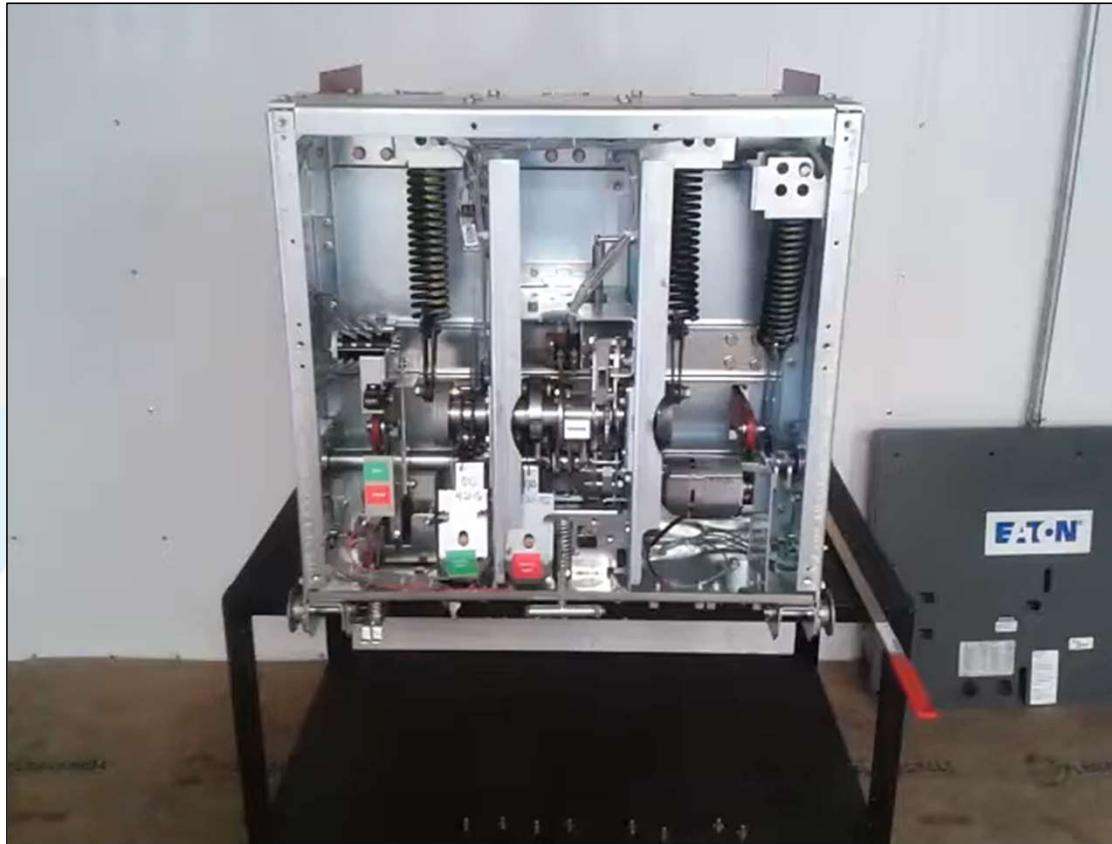
## Prueba mejorada sin conexión

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

**Tabla 15.3.5 Pruebas eléctricas de MCCB, ICCB y LVPCB**

No.	Tarea	MCCB (250A o menos)	MCCB (mas de 250A)	ICCB*	LVPCB*
1	Realizar termografía infrarroja.	1	1	1	1
2	Mida la resistencia de contacto de cada polo de conmutación.	2A	2	2	2
3	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento, de fase a fase y de fase a tierra con el disyuntor cerrado y en cada polo abierto.	2A	2	2	2
4	Operar dispositivos auxiliares y de control del disyuntor, tales como interruptores de control local y remoto, bobinas de disparo en derivación, bobinas de cierre, motores, interruptores auxiliares y bobinas de subtensión.	2	2	2	2
5	Verifique la calibración de todas las funciones de la unidad de disparo mediante el equipo de prueba especificado por el fabricante para interruptores automáticos equipados con unidades de disparo electrónicas.	2A	2	2	2
6	Realizar una prueba de disparo de tiempo inverso al 300 % de la corriente continua nominal de los disyuntores termomagnéticos	2A	2	N/A	N/A
7	Realizar una prueba de disparo de tiempo inverso al 300 % de la corriente continua nominal de los disyuntores de disparo electrónico	2A	2A	2A	2A
8	Realizar la prueba de disparo instantáneo por sobrecorriente para interruptores termomagnéticos mediante el método de "arranque" o "pulso"	2A	2	N/A	2
9	Realice la prueba de disparo instantáneo por sobrecorriente para interruptores de disparo electrónico mediante el método de "arranque" o "pulso"	2A	2A	2A	2A
10	Realizar prueba de retención nominal	2A	2A	2A	2A
11	Probar la resistencia del limitador de corriente	2	2	2	2
12	Comprobar el estado de la batería del conector de clasificación	2	2	2	2
13	Realizar prueba de caída de milivoltios	2A	2A	2A	2A
14	Pruebe la tecnología de reducción de arco de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	2	2	2	2

# PRUEBAS INTERRUPTOR



# TRANSFORMADORES



## 11.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para transformadores de potencia y distribución.

## 11.2 Frecuencia de mantenimiento

Los procedimientos de mantenimiento periódico especificados en la Sección [11.3](#) se realizarán de acuerdo con las frecuencias especificadas en el Capítulo [9](#), a menos que se especifique lo contrario en la Tabla 11.2.

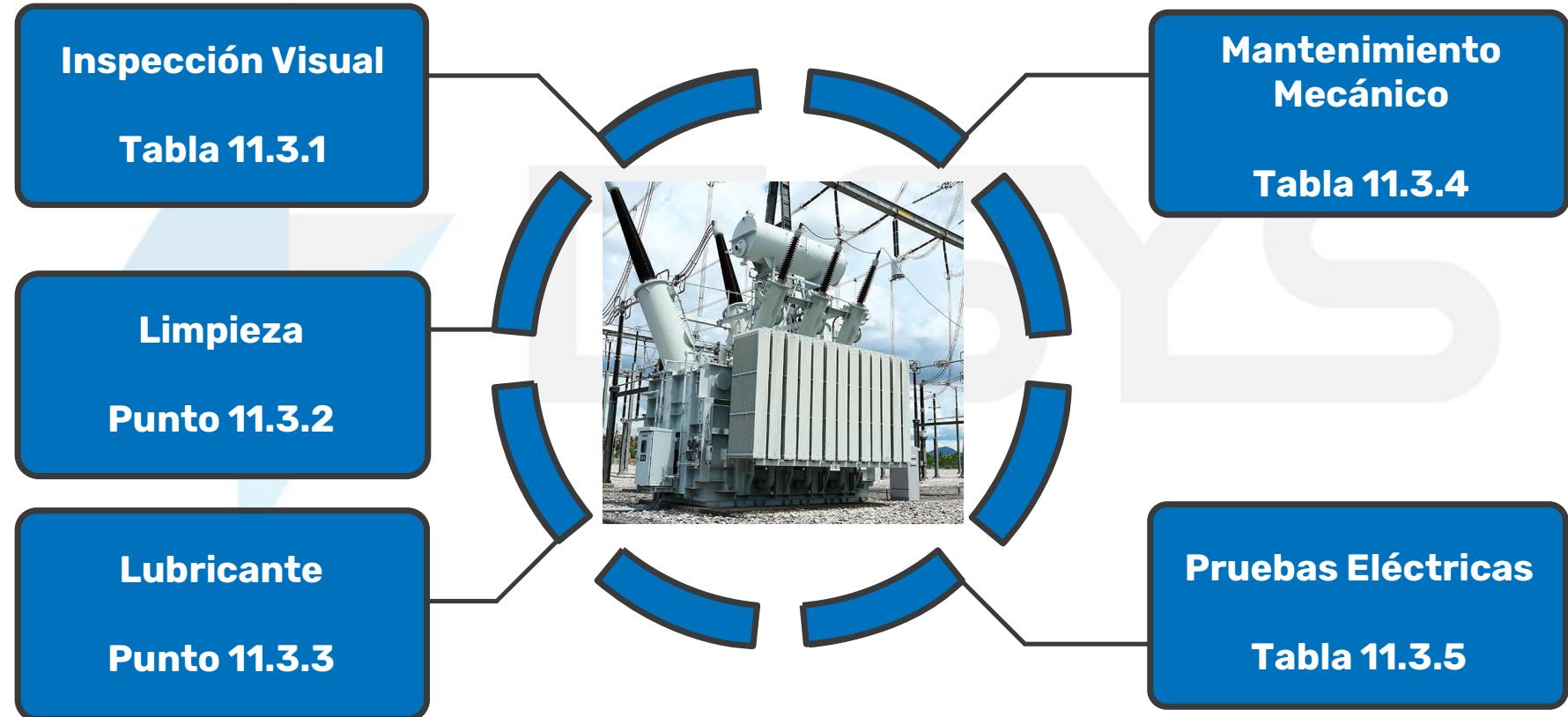
**Tabla 11.2 Frecuencia de mantenimiento**

**Evaluación del estado del equipo**

Alcance del trabajo	Condición 1	Condición 2	Condición 3
Muestra de fluido aislante y pruebas	12 meses	12 meses	6 meses

**¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES?**

# TRANSFORMADORES



**Tabla 11.3.5 Pruebas eléctricas del transformador****Tipo seco, refrigerado por aire**

No.	Tarea	Pequeño, bobinado, ≤600 voltios, ≤167 kVA monofásicos, ≤500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Grande, bobinado, >600 voltios, >167 kVA monofásicos, >500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Tipo de prueba lleno de líquido
1	Resistencia de aislamiento del núcleo	N/A	2A	2A
2	Corriente de excitación en cada fase	N/A	2	2
3	Factor de potencia de aislamiento	N/A	2	2
4	Aumento del factor de potencia de aislamiento	N/A	2A	N/A
5	Resistencia de aislamiento principal	2	2	2
6	Dispositivos de impedancia de puesta a tierra del neutro	N/A	2	2
7	Descarga parcial en línea en devanados de MV/HV	N/A	1A	1A
8	Factor de potencia de aislamiento en cada buje	N/A	N/A	2*
9	Análisis de respuesta de frecuencia de barrido	N/A	N/A	2A
10	Relación de vueltas en todas las tomas del cambiador de tomas de carga (LTC)	N/A	N/A	2A
11	Relación de vueltas en todas las tomas del cambiador de tomas sin carga (NLTC)	2A	2A	2A
12	Relación de vueltas en el TAP designado	2	2	2
13	Resistencia del devanado en el TAP designada	2A	2A	2
14	Resistencia de conexión atornillada	2	2	2

**Tabla 11.3.5 Pruebas eléctricas del transformador (Continuación)**

**Tipo seco, refrigerado por aire**

No.	Tarea	Pequeño, bobinado, ≤600 voltios, ≤167 kVA monofásicos, ≤500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Grande, bobinado, >600 voltios, >167 kVA monofásicos, >500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Tipo de prueba lleno de líquido
15	Prueba de voltaje aplicado	N/A	2A	N/A
16*	Tome una muestra de líquido aislante y realice una prueba para comprobar su estado.	-	-	-
17	Análisis de respuesta de frecuencia de barrido	N/A	N/A	2A
18	Porcentaje de oxígeno en la manta aislante	N/A	N/A	2A
19	Prueba de alarmas de transformadores, incluidas temperatura, nivel de líquido, presión de la botella de nitrógeno, sobrepresión/subpresión del tanque, presión repentina	N/A	N/A	2

# PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

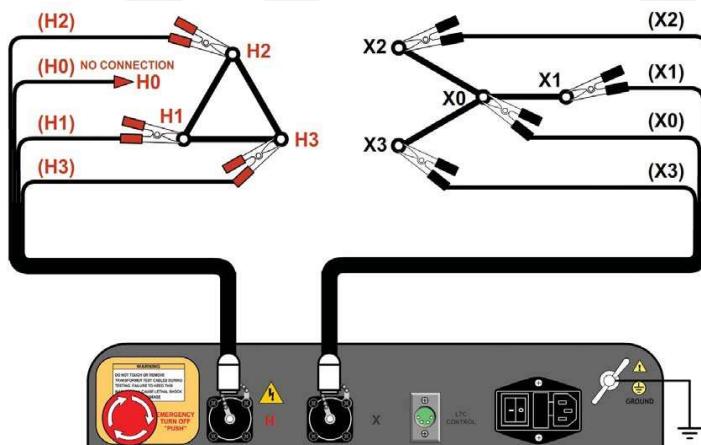


La prueba de relación de transformación se utiliza para determinar el número de espiras entre devanados de la misma fase del transformador. La prueba de polaridad determina la relación vectorial de los devanados del transformador.

Realice las pruebas de resistencia de aislamiento de devanado a devanado, y de devanado a tierra. Aplique la tensión conforme a los datos publicados del fabricante. Calcule el índice de polarización.



Comprobador de vueltas  
de transformador



Esquema de conexionado

# PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

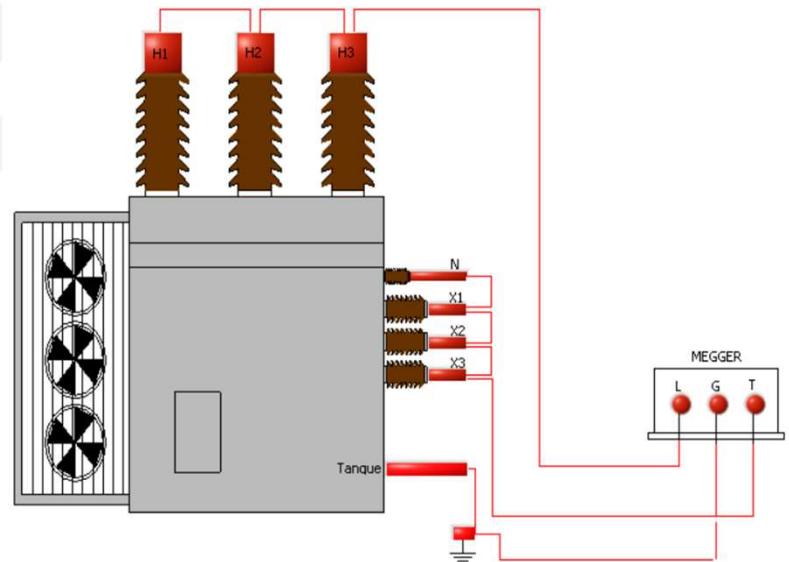


Los valores mínimos de resistencia del aislamiento del transformador deberían estar en concordancia con los datos publicados por el fabricante.

El índice de polarización debe ser comparado con resultados obtenidos con anterioridad y no debería ser menor a 1,0.



Megohmetro  
(Medidor de Aislación)



Esquema de conexionado

# PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



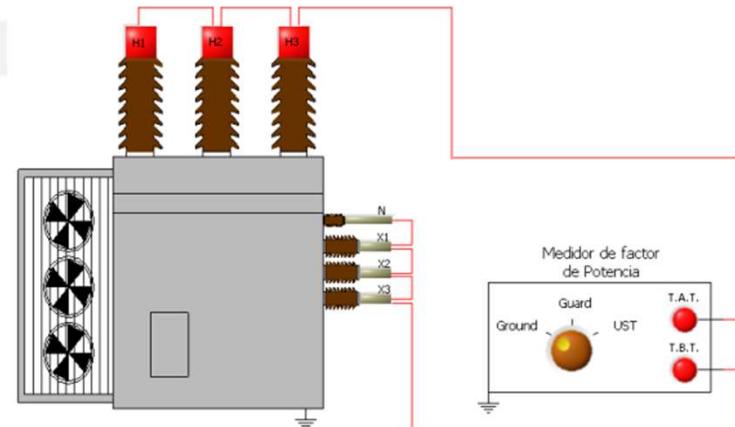
El factor de potencia o el factor de disipación deberán ser obtenidos para los siguientes:

- (1) Cada devanado con respecto a tierra.
- (2) Cada devanado con respecto a cada uno de los otros devanados.

Los valores máximos de factor de potencia/factor de disipación de transformadores aislados con líquidos y corregidos a 20°C, deberían estar en conformidad con los datos publicados por el fabricante del transformador.



Medidor de Factor de Potencia



Esquema de conexionado

# PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN



Es usada para detectar cortocircuitos entre el aislamiento de las espiras o en laminaciones de núcleos, perdida de sujeción del núcleo o conexiones defectuosas del devanado.



Analizador de redes y calidad  
eléctrica Clase A

Realice pruebas de corrientes de excitación conforme a los datos publicados por el fabricante del equipo de prueba.

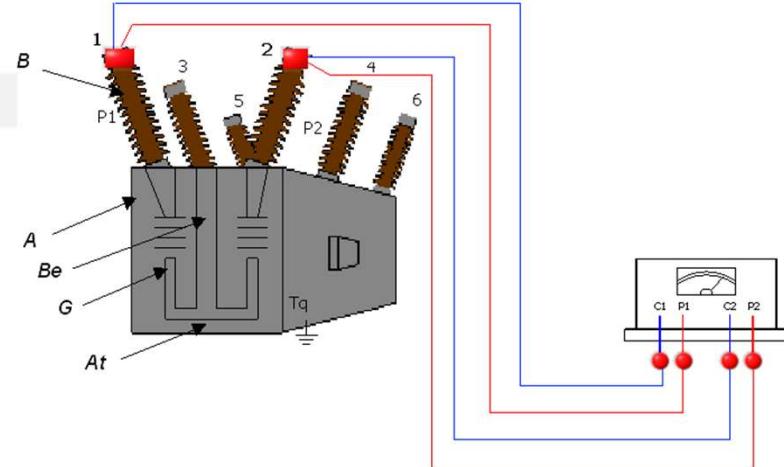
# PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADO



Cuando se realiza una prueba de resistencia del devanado, debería determinarse la resistencia para todos los cambiadores de derivación (las pruebas de mantenimiento deberían ser realizadas en la posición del cambiador designado). Los valores de resistencia del devanado corregidos según la temperatura, deberían ser comparativos dentro del 1 por ciento del valor de fábrica o de resultados obtenidos con anterioridad.



**Microhmímetro**  
**(Medidor de resistencia**  
**de devanado)**



**Esquema de conexionado**

# PRUEBA DE ACEITE AISLANTE



## Tabla A.11.3.5 Normas de referencia para pruebas eléctricas identificadas en la Tabla 11.3.5

Prueba eléctrica	Norma de referencia
Tome una muestra de líquido aislante y realice una prueba para comprobar:	ASTM D923
Ruptura dieléctrica	Norma ASTM D1816
Número de neutralización ácida	ASTM D974
Peso específico	ASTM D1298
Tensión interfacial	ASTM D971
Color	Norma ASTM D1500
Estado visual	ASTM D1524
Contenido de agua	Norma ASTM D1533
Factor de potencia	ASTM D924
Ánálisis de gases disueltos	IEEE C57.104
Ánálisis de furanos	Norma ASTM D5837



D9253:  
Prácticas estándar  
para el muestreo de  
líquidos aislantes  
eléctricos



# PRUEBA DE ACEITE AISLANTE



Las pruebas al aceite aislante que se realizan de manera rutinaria son las de ruptura dieléctrica, acidez, color, factor de potencia, tensión interfacial, y examen visual. Para otros líquidos aislantes, se deberían seguir las recomendaciones de los fabricantes.

Si la prueba indica que un líquido aislante no está en una condición satisfactoria, el líquido puede ser restaurado por reacondicionamiento o recuperación, o puede ser reemplazado por completo. El reacondicionamiento es el retiro de humedad y materiales sólidos por medios mecánicos como prensas con filtro, centrifugadoras, o deshidratadores al vacío.



Maquina filtradora de aceite aislante

# PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES DISUELTO



Ejemplo del resultado - Tabla 1:  
IEEE C57.104™- 2019 “Guía para la interpretación de gases generados en transformadores sumergidos en aceite mineral”

		O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Relación ≤ 2				O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Relación > 2					
		Años del transformador				Años del transformador					
		Desconocido	1-9	10-30	>30	Desconocido	1-9	10-30	>30		
GAS	Hidrogeno	80	75		100	40	40				
	Metano	90	45	90	110	20	20				
	Etano	90	30	90	150	15	15				
	Etileno	50	20	50	90	50	25	60			
	Acetileno	1	1			2	2				
	Monóxido de carbono	900	900			500	500				
	Dióxido de carbono	9000	5000	10000		5000	3500	5500			

# IMPORTANCIA DE UN PME EN TRANSFORMADORES



# RELÉS DE PROTECCIÓN



## Relés de protección

Los relés de protección son diseñados para ser sensibles a la salida anormal de tensión, corriente, frecuencia, ángulo de fase, dirección de corriente o el flujo de potencia, etc., y con características de operación variables. Cada aplicación de relé requiere de ingeniería para satisfacer los parámetros de la función que se le asigna en el sistema eléctrico.



## Clasificación de relés de protección

Según Función de protección:	Según Zona de protección:	Según Accionamiento:
Sobrecorriente	Línea	Electromecánico
Sobretensión	Transformador	Estado sólido (SSR)
Subtensión	Generador	
Diferencial	Barra	
Frecuencia	Cargas	
Cierto Abierto		

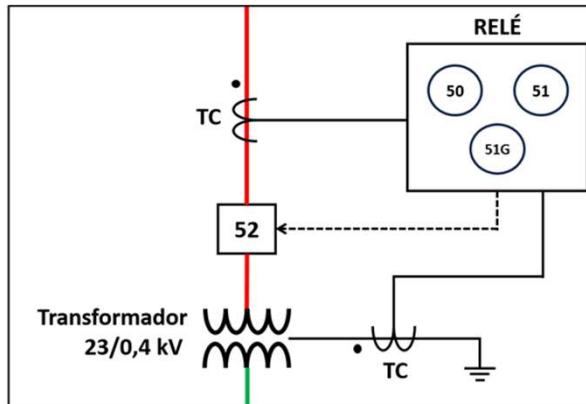
# RELÉS DE PROTECCIÓN



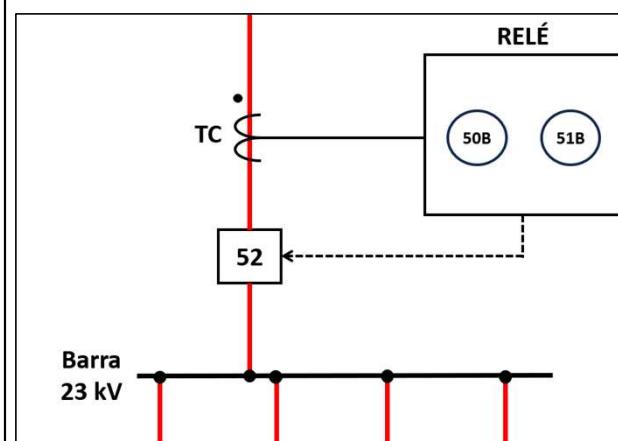
## Relés de sobrecorriente (OC) (50/51)

### Esquema de conexión para relé de sobre corriente

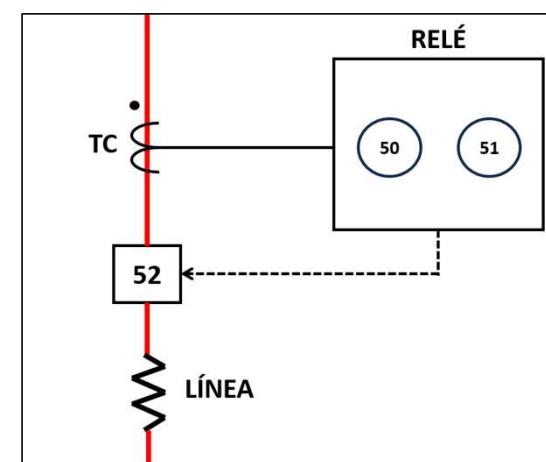
Transformador



Barra



Línea



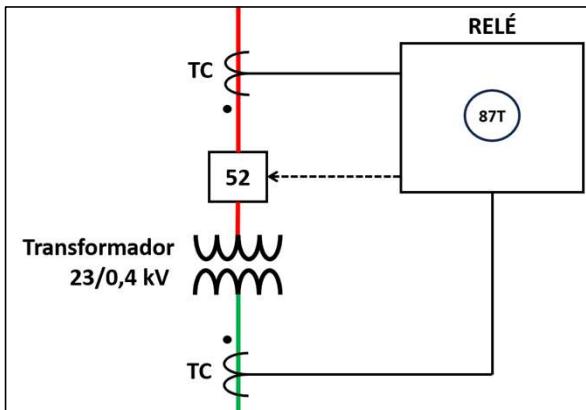
# RELÉS DE PROTECCIÓN



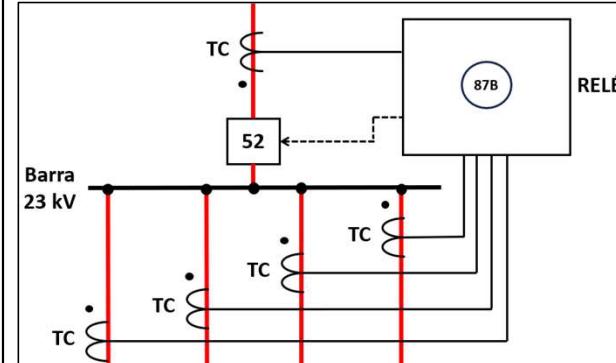
## Relé diferencial (DIF) (87)

### Esquema de conexión para relé diferencial

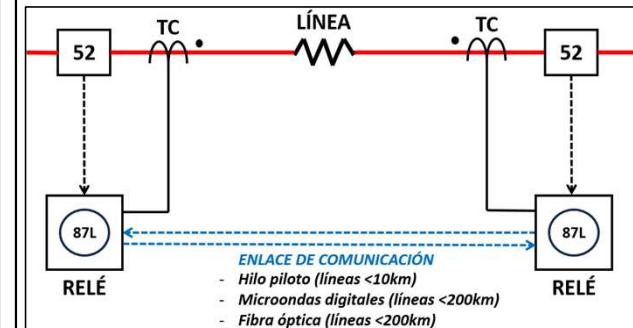
#### Transformador



#### Barra



#### Línea



# RELÉS DE PROTECCIÓN - PRINT OUT



## Ejemplo de print out Relé GE Multilin 750/760

Sat Apr 23 14:11:18 2022		Settings (Enabled Features)	PAGE 1
T-206	052-0004-07		
DEVICE DEFINITION			
ORDER CODE:	750-PS-GS-S5-III-A2B-R-E		
VERSION:	7.4X		
SERIAL NUMBER:	R01159		
DESCRIPTION (NONE)			
INTERFACE COM1:	9600 N 8 1		
RELAY SETUP			
FRONT PANEL			
Flash Message Time	4.0 s		
Default Message Timeout	60 s		
PASSCODE			
Event Recorder			
Record Pickup Events	Enabled		
Record Dropped Events	Enabled		
Record Trip Events	Enabled		
Record Auto Events	Enabled		
Record Logic Input Events	Enabled		
Record Set Time/Date Events	Enabled		
TRACE MEMORY			
Buffer Organization	16 x 512		
Trigger Position	25 %		
Trigger on pickup	Active		
Trigger on dropout	Active		
Trigger on trip	Active		
Trigger on alarm	Active		
Trigger on control	Active		
USER TEXT MESSAGES			
User Test Message 1	T-206		
User Test Message 2	Installed 16.10.2013		
User Test Message 3	DMA Technologies		
User Test Message 4	Test 4		
User Test Message 5	Test 5		
DATA LOGGER			
Sample Rate	1 cycle		
Continuous Mode	Enabled		
Clamp A Source	Phase A Current		
Clamp B Source	Phase B Current		
Clamp C Source	Phase C Current		
Clamp D Source	Ground Current		
Clamp E Source	Line A-B Voltage		
Clamp F Source	Line B-C Voltage		
Clamp G Source	Line C-A Voltage		
Clamp H Source	Frequency		
INSTALLATION			
SR750/760 Operation	Ready		
SERIAL PORTS			
COM1 Baud Rate	9600 Baud		
COM1 Communication Hardware	RS485		
Front Panel RS232 Baud Rate	9600 Baud		
COM2 Baud Rate	9600 Baud		
MODBUS PROTOCOL			
Slave Address	254		

## Unidad 51G Sobrecorriente de tierra

### GROUND CURRENT

### GROUND TIME OVERCURRENT

Ground Time Overcurrent Function

Trip

Ground Time Overcurrent: Relay 3

Do Not Operate

Ground Time Overcurrent: Relay 4

Operate

Ground Time Overcurrent: Relay 5

Do Not Operate

Ground Time Overcurrent: Relay 6

Operate

Ground Time Overcurrent: Relay 7

Do Not Operate

Ground Time Overcurrent Pickup(Setpoints)

0.20 x CT

Ground Time Overcurrent Curve

Definite Time

Ground Time Overcurrent Multiplier

0.50

Ground Time Overcurrent Reset

Instantaneous

## Unidad 50G Sobrecorriente de tierra

### GROUND INSTANTANEOUS OVERCURRENT

Ground Instantaneous Overcurrent Function

Trip

Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 3

Operate

Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 4

Do Not Operate

Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 5

Do Not Operate

Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 6

Do Not Operate

Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 7

Do Not Operate

Ground Instantaneous Overcurrent Pickup(Setpoints)

1.00 x CT

Ground Instantaneous Overcurrent Delay

1.00 s

# RELÉS DE PROTECCIÓN – PRINT OUT



## Ejemplo de print out Relé GE Multilin 750/760



Sat Apr 23 14:11:18 2022		Settings (Enabled Features)	PAGE 1
<b>T-266-1G5-000-07</b> <b>DEVICE DEFINITION</b> DEVICE CODE: 750-PS-G5-S5-III-A2B-R-E VERSION: 7.4X SERIAL NUMBER: R01159 DESCRIPTION (NONE) INTERFACE COM1: 9600 N 8 1			
RELAY SETUP	FRONT PANEL		
Flash Message Time	4.0 s		
Default Message Timeout	60 s		
PASSWORD			
EVENT RECORDER	Event Recorder Function	Enabled	
Record Pickup Events		Enabled	
Record Dropped Events		Enabled	
Record Trip Events		Enabled	
Record Auto Events		Enabled	
Record Log In/Out Events		Enabled	
Record Set Time/Date Events		Enabled	
TRACE MEMORY			
Buffer Organization	16 x 512		
Trigger Position	25 %		
Trigger on pickup	Active		
Trigger on dropped	Active		
Trigger on trip	Active		
Trigger on alarm	Active		
Trigger on control	Active		
USER TEXT MESSAGES		T-206	
User Test Message 1		Installed 16 10 2013	
User Test Message 2		DMA TestLogIn	
User Test Message 3		Test 4	
User Test Message 4		Test 5	
DATA LOGGER			
Sample Rate	1 cycle		
Continuous Mode	Enabled		
Clamp A Source	Phase A Current		
Clamp B Source	Phase B Current		
Clamp C Source	Phase C Current		
Clamp D Source	Ground Current		
Clamp E Source	Line A-B Voltage		
Clamp F Source	Line B-C Voltage		
Clamp G Source	Line C-A Voltage		
Clamp H Source	Frequency		
INSTALLATION			
SR750/760 Operation	Ready		
SERIAL PORTS			
COM1 Baud Rate	9600 Baud		
COM1 Communication Hardware	RS485		
Front Panel RS232 Baud Rate	9600 Baud		
COM2 Baud Rate	9600 Baud		
MODBUS PROTOCOL			
Slave Address	254		

## Transformadores de medida (TC y TP)

SYSTEM SETUP	
SENSING	
Phase CT Primary	600 A
Ground CT Primary	50 A
Sensitive Ground CT Primary	1000 A
Bus VT Connection Type	Wye
Bus Nominal VT Secondary Voltage	66.7 V

# PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



## 35.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para relés electromecánicos, de estado sólido y basados en microprocesadores que se utilizan para proteger y controlar los aparatos del sistema de energía.



Los relés de protección son usados en conjunto con interruptores automáticos de medio voltaje (por encima de 600 volts) para detectar anormalidades y hacer que el problema sea aislado con la mínima perturbación al sistema eléctrico y con el menor daño al equipo en falla.

# PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



**Inspección Visual**  
**Tabla 35.3.1**

**Limpieza**  
**Tabla 35.3.2**

**Lubricante**  
**Punto 35.3.3**

**Servicio Mecánico**  
**Tabla 35.3.4**

**Pruebas Eléctricas**  
**Tabla 35.3.5**



# PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



**Tabla 35.3.5 Pruebas eléctricas del relé de protección**

Tipo de prueba*				
No.	Tarea	Electromecánico	Estado sólido	Microprocesador
1	Realice una prueba de resistencia de aislamiento en cada circuito derivado para enmarcar	2	N/A	N/A
2	Realice una prueba de activación para determinar la corriente, el voltaje, la potencia o la frecuencia mínima o máxima que provoca el cierre de los contactos del relé para todas las funciones activas.	2	2	2A
3	Realice una medición de tiempo en tres puntos de la curva del dial de tiempo para verificar las características de sincronización del relé.	2	2	2A
4	Realizar pruebas según sea necesario para verificar el funcionamiento de los elementos de retención, direccionales y otros elementos de protección.	2	2	2A
5	Realice una prueba de verificación de cero para determinar la posición correcta del dial de tiempo cuando el relé está fijo y los contactos móviles están cerrados mediante la rotación manual del dial de tiempo hacia cero.	2	N/A	N/A
6	Realizar comprobaciones de relés para verificar el estado de los relés, las lecturas del medidor (si corresponde) y las entradas/salidas de los contactos.	N/A	N/A	2
7	Pruebe la tecnología de reducción de energía del arco de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	N/A	N/A	2

# PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



**Tabla 35.3.5 Pruebas eléctricas del relé de protección (Continuación)**

Tipo de prueba*				
No.	Tarea	Electromecánico	Estado sólido	Microprocesador
8	Verifique que cada entrada y salida realice la función prevista de acuerdo con los planos de control.	2A	2A	2A
9	Una vez finalizada la prueba, borre los contadores de viajes, los objetivos, los eventos y los oscilógrafos de la prueba.	2	2	2A
10	Revisar datos de mantenimiento y estadísticos	N/A	2	2
11	Descargar o documentar configuraciones, lógica y otros parámetros cuando se realizan cambios	N/A	2	2



		PROGRAMA DE PRUEBAS DE CAMPO					Nº Documento
		Gerencia de Suministro Eléctrico Los Bronces					
NOMBRE	FECHA	VERSION	PRUEBAS RELÉS DE PROTECCIÓN MULTIMARCA				Nº de OT
		Rev. A					
Área del Proceso	TAG	Descripción del Equipo Pauta aplicable a:		Ubicación Técnica		Duración (horas)	Nº Personas h/h
						7,5	2 15
Procedimiento (XXXX)			Especialidad Eléctrica	Última Inspección	Frecuencia (semanas)	Fecha realización	Hora inicio Hora fin
Tarea Nº	Componente	Tarea de Mantenimiento				Condición / Registro	Estado B: bueno R: regular M: deficiente
1	Seguridad	Asegurarse que la persona que realizará la prueba y se aproximarán al equipo se encuentre calificada y autorizada para dicha actividad.				Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
2		Verificar energía cero de acuerdo con el procedimiento de aislamiento y bloqueo, e instalar tierras de protección usando el procedimiento interno de Minera Los Bronces.				Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
3		Usar EPP aislante (según corresponda) e ignífugo de acuerdo a la señalización de seguridad del equipo (etiqueta con nivel de tensión y energía incidente).				Etiqueta de seguridad en el equipo	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
4	Conexiones	Capturar registros fotográficos de las conexiones antes de cualquier intervención. (Aplica si se realiza una desconexión directa del equipo, sin pasar por bornera de prueba)				Conecciones en buen estado	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
5	Elementos de Protección	Extraer ajustes de los elementos de protección. Si no se encuentra comunicado por SCADA se debe extraer la información manualmente a través del puerto de comunicación ubicado en el panel frontal.				Extraer elementos Activos	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
7	Cubiertas	Inspeccionar las condiciones del equipo antes de intervenirlo, observar que no exista ningún tipo de daño.				Equipos sin daños físicos visibles	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	Identificación técnica	Compruebe que los diagramas de protección se encuentran al día, de lo contrario se debe informar para proceder a la actualización.				Información actualizada	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
9	Identificación técnica	Inspeccionar que la tabla de parametrización de las protecciones esté correctamente actualizada (Estudio de coordinación)				Información actualizada	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
10	Panel	Extraer información de eventos analizando posibles irregularidades y su posible origen.				Extracción de últimos eventos	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI



Tarea N°	Componente	Tarea de Mantenimiento	Condición / Registro	Estado B: bueno R: regular M: deficiente
11	Pruebas Funcionales	Chequear cuales de los elementos de protección se encuentran activos (grupos) verificando la comunicación con el equipo a través del software establecido por el fabricante (TOC, IOC, TOCN, IOCN, etc.)	Extraer informe desde software según corresponda	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
13		Realizar prueba de activación y desactivación (TRIP) para confirmar el funcionamiento correcto del hardware. Inyección de corriente o voltaje secundario.	Disparo del relé de protección	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
14		Realizar las pruebas individuales para cada uno de los elementos de protección activos (50, 51, 50N, 51N, 50G, 51G, 87, etc.)	Rangos otorgados por el estudio de coordinación de protecciones	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
15		Realizar pruebas en los LED indicadores y pulsadores con el fin de verificar el correcto funcionamiento de cada una de las alarmas.	Chequear alarmas al momento de efectuar "Disparos"	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
16	Bornes de conexión	Verificar apriete de los cables en las borneras de conexión.	Lo suficiente para que los terminales no se desprendan	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
17	Estado relé de protección	Verificar que el equipo no presente alarmas a través de los indicadores LED, este debe ser chequeado para asegurar una correcta operación antes de ser energizado.	Relé modo "In Service"	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
18	Normalización	Asegurarse que los ajustes del relé de protección se encuentran correctamente cargados. Realizar ultima comparativa entre el estudio de coordinación versus lo ingresado en el relé asegurándose que no existen diferencias.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
19		Chequear que las conexiones se encuentren en las mismas condiciones antes de la intervención.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
20		Asegurarse que el equipo se encuentra en las mismas condiciones que se encontraba antes de intervenido.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI
21		Desbloquear y entregar la zona.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI



OBSERVACIONES GENERALES			Prioridad
(próximo mantenimiento /actividades adicionales realizadas /aspectos de seguridad detectados /otras anomalías)			1    2    3
1			
2			

Nota 1: Escala de condición; 1- Alta 2-Media 3- Baja

REPUESTOS / MATERIALES / INSUMOS / Herramientas		código SAP	c/u	Und
1	Pauta de mantenimiento			1
2	Protocolos de inspección			1
3	Procedimiento de seguridad interna			1
4	Informe de eventos "Anteriores"			1
5	Estudio de coordinación más actualizado			1
6	Multímetro			1
7	Kit de herramientas aisladas			1
8	Laptop <del>Rugger</del> para comunicación (si no estuviera conectado)			1
9	Set de test de relé (pinzas / conectores de prueba)			1
10	Kit de limpieza, incorporando principalmente aire comprimido, paños anti estática, brochas			1
11	Cable RS232 a USB			1

TÉCNICOS RESPONSABLES DEL TRABAJO		FIRMA
1		
2		
3		
4		

# **ANEXO E: FORMULARIOS**



### **Figura E.3 Informe típico de prueba e inspección de interruptor de aire**

## **Figura E.7 Formulario típico de pruebas de interruptor BT (5 años)**

# LOW-VOLTAGE CIRCUIT BREAKER 5-YEAR TESTS FORM

Plant \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Substation \_\_\_\_\_ Feeder \_\_\_\_\_ Load Reading \_\_\_\_\_

## Breaker Data

Mfr. \_\_\_\_\_ Type \_\_\_\_\_ Serial No. \_\_\_\_\_

Trip Coil Rating \_\_\_\_\_ Amperes Characteristic \_\_\_\_\_ Mfr's. Time Curve \_\_\_\_\_

Trip Devices: Long Time Delay  Short Time Delay  Instantaneous Trip

Time Delay Type: Oil Sucker Dashpot  Air Bellows  Air Orifice  Oil Orifice

Other

### Settings:

LT Delay — Amperes \_\_\_\_\_ Adjustable Range \_\_\_\_\_ Time Adjustable? Yes  No

ST Delay — Amperes \_\_\_\_\_ Adjustable Range \_\_\_\_\_ Time Adjustable? Yes  No

Instantaneous Trip — Amperes \_\_\_\_\_ Adjustable? Yes  No

## Test Data

Date of Test	Left Pole	Center Pole	Right Pole	Time Range from Curve
Inspector's Initials				

As Found Test (Trip Time in Seconds)

% Pickup	Amperes			
_____	_____			

Time Delay	(As Found — Amperes)			
Minimum Pickup (Nullify Time Delay)	(Adjusted — Amperes)			

Time Delay Tests (Trip Time in Seconds)

% Pickup	Amperes			
Long Time	_____	_____	_____	_____

Short Time	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Resettable Delay (____ % for ____ sec)	(Satisfactory)			
	(Tripped)			

Instantaneous Trip	(As Found — Amperes)			
	(Adjusted — Amperes)			

Remarks (record unusual conditions, corrections, needed repairs, etc.; use separate form to record annual breaker inspection details):

---



---



---



---

© 2023 National Fire Protection Association

NFPA 70B

## 18.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para cables y conductores de alimentación que funcionan a 1000 voltios o menos y aquellos que están construidos especialmente, son multicapa y funcionan a más de 1000 voltios.



**Aplica para tensiones menor, igual o superior a 1000V.**

# TABLA 18.3.1

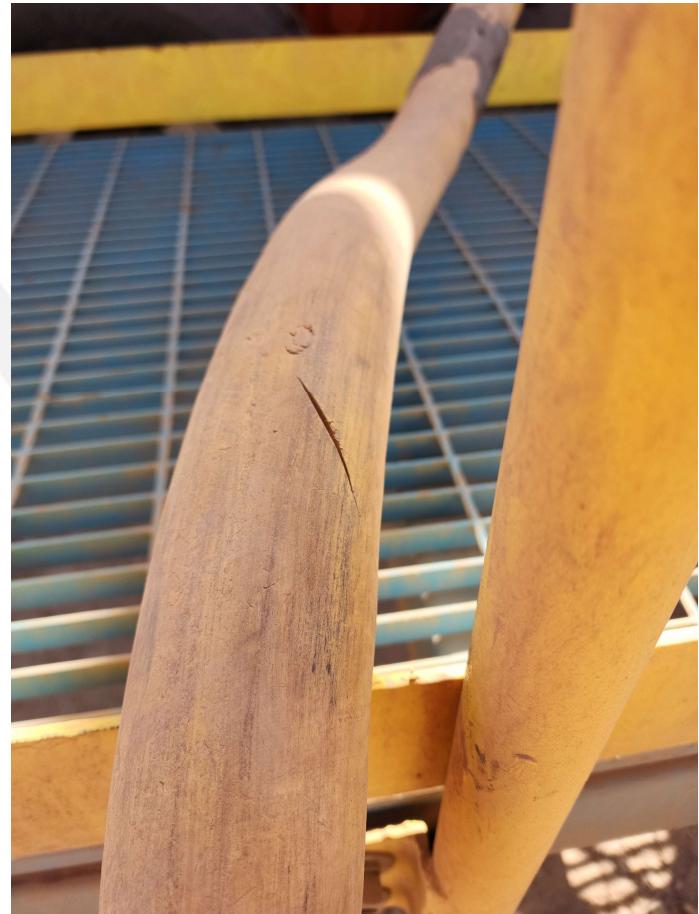


No.	Tarea	Tipo de prueba*	Notas
1	Condición física, incluido el entorno operativo	1 o 2	Daños o deterioro, soportes o sujetaciones, radio de curvatura, tensión excesiva, signos de sobrecalentamiento, corrosión, hinchazón o puntos blandos.
2	Etiquetado o identificación correctos	1 o 2	Fase, identificación de cables, fuentes múltiples, peligro, otras etiquetas de advertencia
3	Puesta a tierra/unión	1 o 2	Daños, terminaciones faltantes o sueltas, distancia de las partes energizadas, protección contra daños físicos
4	Bóvedas que contienen cables	1 o 2	Daños, deterioro del hormigón, drenaje.
5	Terminaciones de cables y conductores	1 o 2	Fugas de aceite o compuesto, grietas o carrocerías dañadas, limpieza, terminaciones
6	Instalaciones aéreas	1 o 2	Daños, deterioro de soportes, sistemas de suspensión, aislamiento pinchado o dañado en callejones sin salida, infestación de animales o aves
7	Pista de carreras	1 o 2	Daños o deterioro, abrasión o desgaste, continuidad, uniones apretadas, puentes de unión faltantes o sueltos, corrosión
8	Barreras, guardias y asambleas	1 o 2	Daños o signos de deterioro, arcos eléctricos, seguimiento, soportes y herrajes de montaje.

# TABLA 18.3.5



No.	Tarea	Tipo de prueba de 1000 voltios o menos*	Tipo de prueba de más de 1000 voltios*	Notas
1	Emisiones acústicas ultrasónicas transmitidas por el aire	N / A	1A	
2	Resistencia de aislamiento	2A	N / A	Para cables y conductores de 1000 voltios o menos.
3	Resistencia de aislamiento:			Para cables y conductores de más de 1000 voltios.
	Frecuencia muy baja (VLF <1 Hz)	N / A	2	
	Prueba de sobrepotencial (hi-pot)	N / A	2	
	Factor de disipación/tan delta	N / A	2	
	Descarga parcial	N / A	1 o 2	
	Frecuencia de potencia	N / A	2	
	Onda oscilante	N / A	2	
4	Calidad de la conexión	1 o 2	1 o 2	Caída de milivoltios, ohmímetro digital de baja resistencia, termografía infrarroja. Los circuitos probados se basan en la criticidad del circuito



# **ANEXO E: FORMULARIOS**

The logo consists of the lowercase letters "eSYS" in a bold, sans-serif font. The letter "e" is unique, featuring a vertical bar on its left side and a blue horizontal bar extending from its top right corner.

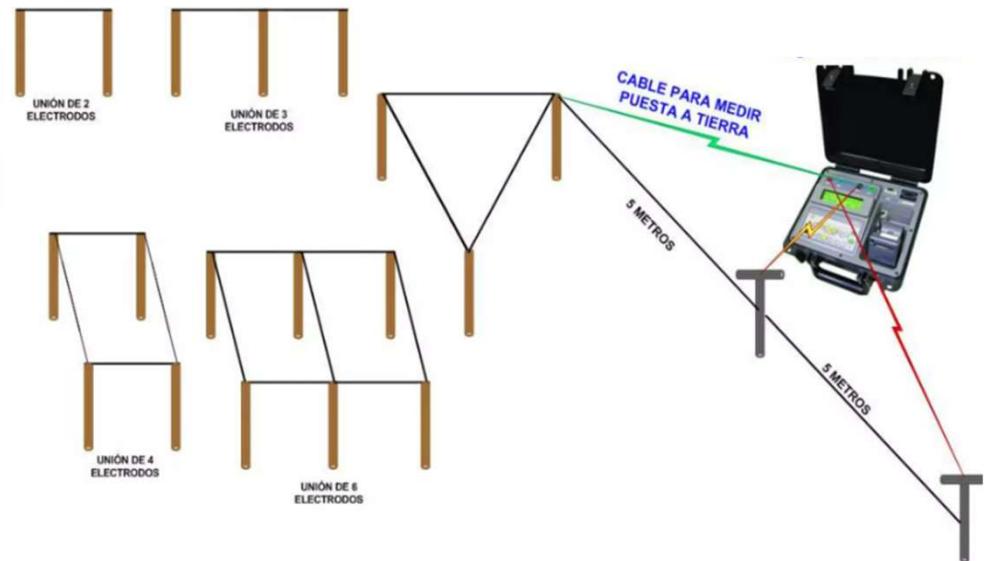
## **Formulario 27: Hoja de Prueba de Cable**

# SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



## 20.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para la conexión a tierra y unión de sistemas eléctricos.



# PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



**Inspección Visual**  
**Tabla 20.3.1**

**Limpieza**  
**Punto 20.3.2**

**Lubricante**  
**Punto 20.3.3**

**Servicio Mecánico**  
**Tabla 35.3.4**

**Pruebas Eléctricas**  
**Tabla 35.3.5**



# PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



## 20.3.1 Inspección visuales.

**La conexión a tierra y la unión se deberán inspeccionar visualmente de acuerdo con la Tabla 20.3.1.**

**Tabla 20.3.1 Inspecciones visuales de conexión a tierra y unión**

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Inspeccionar el estado físico y mecánico de los componentes y conexiones accesibles y visibles.	2	
2	Inspeccionar el anclaje	2	



**SERNAGEOMIN establece que los sistemas de puesta a tierra deben ser medidos **cada 1 año**. (Ref, DS132, Artículo 424)**

# PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



**Tabla 20.3.5 Pruebas eléctricas de conexión a tierra y unión**

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Medir la resistencia de la conexión atornillada o mecánica	2A	
2	Para los sistemas de electrodos de varilla de puesta a tierra, realice una prueba de caída de potencial para medir la resistencia de la varilla de puesta a tierra a tierra.	2A	
3	Realice una prueba punto a punto para verificar que el equipo esté conectado.	2A	
4	Realizar pruebas de integridad de la red y del sistema de electrodos de puesta a tierra de la subestación inyectando corriente de acuerdo con las prácticas de la industria.	2A	
5	Mida el voltaje entre el conductor de tierra del equipo y el conductor puesto a tierra	1A	
6	Medir la magnitud de la corriente en el conductor de puesta a tierra del equipo	1A	

# **ANEXO E: FORMULARIOS**



### **Figura E.31 Informe típico de prueba de resistencia de sistema de tierra**

## **Figura E.28 Registro típico de prueba de resistencia de aislamiento**

# INSULATION RESISTANCE TEST RECORD

Date \_\_\_\_\_

Scope: Dielectric Absorption Without Temperature Correction

---

Apparatus \_\_\_\_\_ Equipment Temp. \_\_\_\_\_ Ambient Temp. \_\_\_\_\_

Instrument Used \_\_\_\_\_ Polarization Index No. \_\_\_\_\_

Condition 10:1 Min. Ratio \_\_\_\_\_

Dangerous ----- Less than 1 Fair ----- 2 to 3

Poor ----- Less than 1.5 Good ----- 3 to 4

Questionable ----- 1.5 to 2 Excellent ----- Above 4

---

	Time in Minutes	0.25	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
To Ground	Phase 1												
	Phase 2												
	Phase 3												
Between Phases	Phase 1-2												
	Phase 2-3												
	Phase 3-4												

Plot the lowest group reading on graph.

Tested by: \_\_\_\_\_

© 2023 National Fire Protection Association

NFPA 70B

# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



## 32.1.1 Sistemas de almacenamiento de energía en baterías

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico y se aplica a todos los sistemas de almacenamiento de energía (ESS) con baterías que tengan una capacidad superior a 3,6 MJ (1 kWh) y que puedan funcionar de forma independiente o interactuar con otras fuentes de producción de energía eléctrica. Estos sistemas están destinados principalmente a almacenar y proporcionar energía durante condiciones normales de funcionamiento.



## 32.1.2 No aplica para:

1. Baterías estacionarias de reserva que cumplen los requisitos del Capítulo [36](#) y están compuestas por celdas de plomo-ácido o de níquel-cadmio (NiCd)
2. Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI)
3. Sistemas de baterías de reserva para control de energía de subestaciones o cuadros de distribución
4. Baterías para respaldo de energía en telecomunicaciones

# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



## 32.3 Documentación

**Un ESS instalado deberá incluir documentación de respaldo que incluya lo siguiente:**

1. Proyectista e instalador de sistemas con fechas de instalación y puesta en servicio.
2. Contactos de emergencia para el propietario del sistema.
3. Presupuesto.
4. Esquemas eléctricos y planos de obra.
5. Señalización, marcas y etiquetas.
6. Planos mecánicos.
7. Manual de puesta en servicio, plan de pruebas y resultados de pruebas adecuados.
8. Manuales de operaciones y mantenimiento.
9. Lista de materiales de elementos de mantenimiento prescindibles, como filtros y fusibles.

# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



**Inspección Visual**  
**Tabla 32.4.1**

**Mantenimiento  
Mecánico**  
**Punto 32.4.4**

**Limpieza**  
**Punto 32.4.2**

**Lubricante**  
**Punto 34.4.3**

**Pruebas Eléctricas**  
**Tabla 32.4.5**



# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



**Tabla 32.4.1 Inspecciones visuales del ESS de la batería**

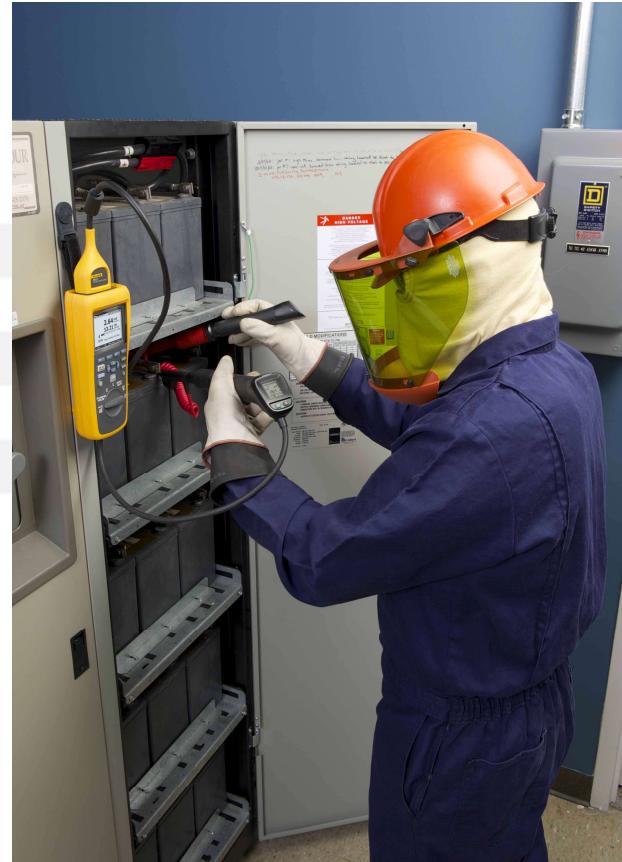
No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Condición física, incluido el entorno operativo	1 o 2	Daños o deterioro, apoyos o sujetaciones, radio de curvatura, tensión excesiva, signos de sobrecalentamiento.
2	Etiquetado o identificación correctos	1 o 2	Etiquetas de advertencia de fase, identificación de cable, fuentes múltiples, peligro u otras.
3	Puesta a tierra/unión	1 o 2	Daños, terminaciones faltantes o sueltas, distancia de partes energizadas, protección contra daños físicos.
4	Baterías	1 o 2	Daños, fugas, hinchazón, plástico descolorido o derretido, corrosión terminal, nivel de electrolito, sistemas de sujeción.
			Consulte el Capítulo 36 para obtener información sobre baterías de reserva estacionarias.
5	Cables	1 o 2	Daños, deterioro, soportes, radio de curvatura, tensión excesiva, decoloración o evidencia de sobrecalentamiento.
6	Sistemas de notificación, detección y extinción de alarmas contra incendios	1 o 2	Cabezales dañados, obstrucción física a la pulverización, fugas, corrosión, agente supresor cargado.
7	Canalización/bandeja de cables	1 o 2	Daños o deterioro, abrasión o desgaste de la cubierta del cable al quedar expuesta, continuidad, uniones apretadas, puentes de unión faltantes o sueltos, corrosión.
8	Barreras, guardias y asambleas	1 o 2	Daños o signos de deterioro, arcos eléctricos, seguimiento, soportes y hardware de montaje.

# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



**Tabla 32.4.1 Pruebas eléctricas del ESS a batería**

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Termografía infrarroja o inspección térmica equivalente	1 o 2	La reparación general de la caja de la batería y sus terminaciones debe realizarse bajo carga.
2	Emisiones acústicas ultrasónicas transmitidas por el aire	1A	
3	Resistencia de aislamiento	2	Cables/conductores.
4	Resistencia de conexión atornillada	1 o 2	Incluye resistencia intercelular, cuando sea accesible
5	Prueba de rendimiento de la batería	2	
6	Revisión de los datos del sistema de gestión de baterías y alarmas asociadas	1 o 2	



# PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



Las pruebas realizadas y los resultados recolectados, sirven para establecer tendencias que puedan ser utilizadas en la predicción de la vida útil de la batería. El tipo de datos a recolectar dependerá de la tecnología de baterías que se está usando. Las tecnologías de baterías estacionarias más usadas en la actualidad son las baterías de plomo - ácido ventiladas (VLA, por sus siglas en inglés), baterías de plomo - ácido reguladas por válvula (VRLA, por sus siglas en inglés), y de níquel - cadmio (Ni-Cd).



**Analizador de Baterías**

# RESISTENCIA INTERNA DE LA BATERÍA



Es una prueba de la vida útil, no de la capacidad. La resistencia de la batería se mantiene considerablemente uniforme hasta que se acerca al final de su vida útil. En ese punto, la resistencia interna aumenta y la capacidad de la batería disminuye. Medir y llevar un registro de este valor ayuda a identificar el momento en que se debe reemplazar la batería. Utilice solo un comprobador especial para baterías, diseñado para medir la resistencia de la batería mientras esta se encuentra en uso. Lea la caída de tensión en la corriente de carga (conductancia) o la impedancia de CA. Ambos resultados se expresan en valores óhmicos. Una medida óhmica aislada tiene poco valor sin contexto



La práctica recomendada requiere la medición de los valores óhmicos durante meses y años. Cada medición se debe comparar con los valores previos registrados para generar una línea de base.

# PRUEBA DE DESCARGA DE BATERÍA



La prueba de descarga es la mejor forma de descubrir la capacidad disponible real de una batería, pero puede ser difícil de llevar a cabo. Durante esta prueba, la batería se conecta a una carga y se descarga a lo largo de un período de tiempo específico.



**Banco electrónico para  
pruebas de descarga**

# INDICADORES CLAVES DE LA FALLA DE BATERÍAS

Las baterías en buen estado deben mantener una capacidad superior al 90% de las características nominales de fábrica. La mayoría de los fabricantes recomiendan reemplazar la batería si su capacidad cae por debajo del 80%. Al realizar las pruebas de la batería, busque los siguientes indicadores de falla:



Caída superior al 10 % en la capacidad, en comparación con la línea de base o la medición anterior.

Aumento en la resistencia del 20% o más, en comparación con la línea de base o la medición anterior.

Altas temperaturas sostenidas, en comparación con la línea de base y las especificaciones del fabricante.

Degradación en el estado de la placa.

# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES

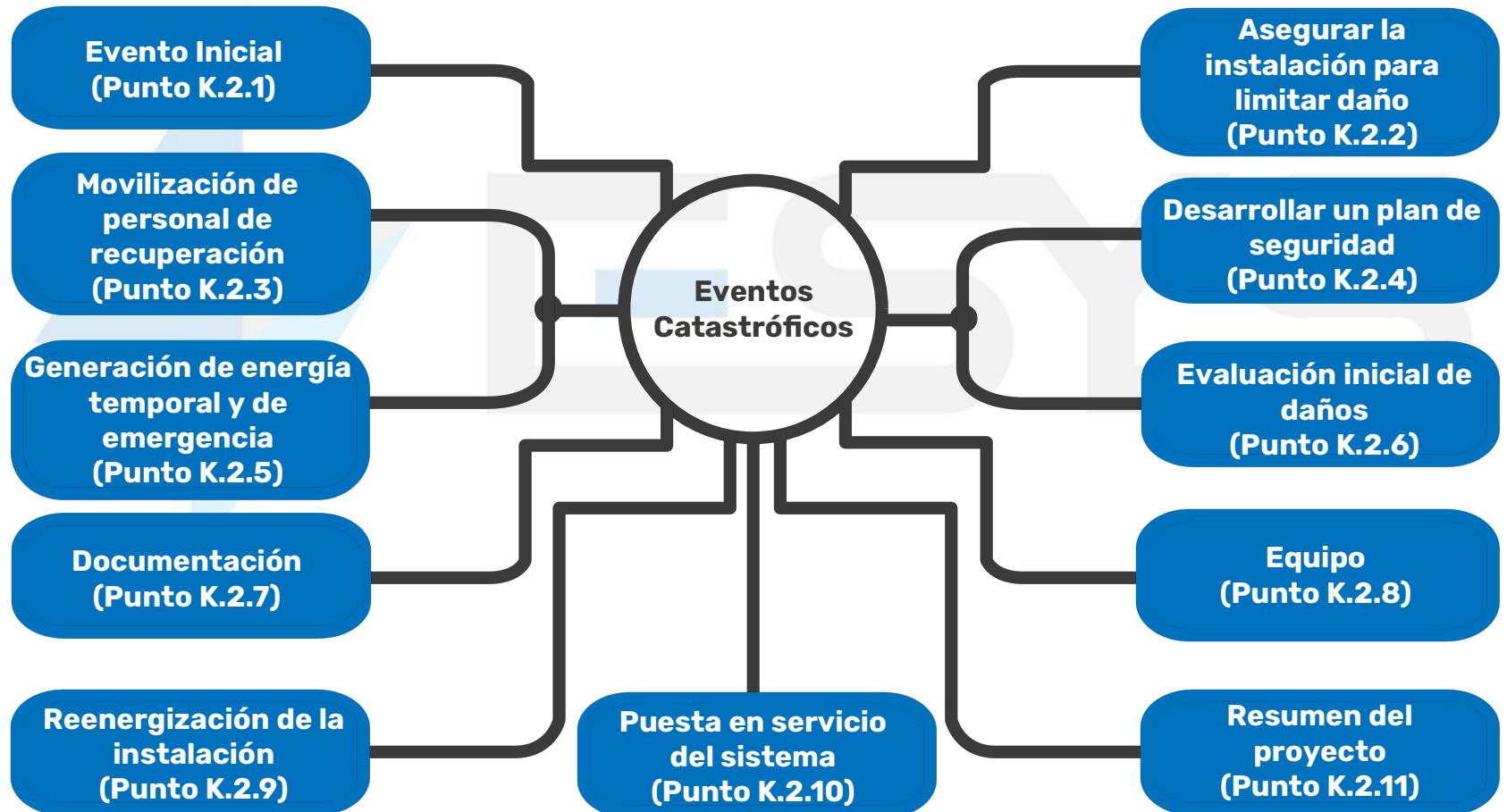


## K.1 Recuperación de energía ante desastres

Cuando los sistemas eléctricos se enfrentan a un desastre natural o provocado por el hombre, debe llevarse a cabo una secuencia de eventos muy específica y detallada antes de que el sistema eléctrico vuelva a funcionar de manera segura y rápida. Este anexo describe los pasos de recuperación para un sistema de energía eléctrica y el equipo relacionado que se deben seguir antes y después de que ocurra un desastre eléctrico.



# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



## K.2.1 Evento inicial

- 1) Incendio: hollín, daños materiales y de equipo, daños por agua, daños estructurales**
- 2) Inundaciones: daños por agua, daños estructurales.**
- 3) Terremoto: daños estructurales, daños a la infraestructura de servicios públicos**



# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES

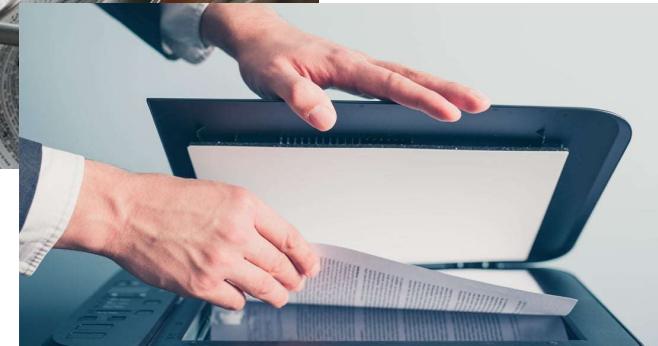


## K.2.6 Evaluación inicial de daños

Una de las primeras tareas para evaluar los daños en los equipos y sistemas eléctricos involucrados en un desastre es realizar un recorrido y una evaluación inicial de toda la infraestructura eléctrica. Se deben utilizar todos los planos y la documentación pertinentes disponibles para ayudar en esta tarea.

### K.2.6.1 Dibujos, esquemas y documentos

Planos, Libros de instrucciones de los equipos, Manuales (O&M) y Otra documentación debe ubicarse en un lugar central, mas una versión electrónica de los documentos para un acceso seguro.



# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



## K.2.6.2 Evaluación de prioridades

Las prioridades de reparación de equipos deben evaluarse centrándose en los equipos de mayor prioridad.



Categoría 1



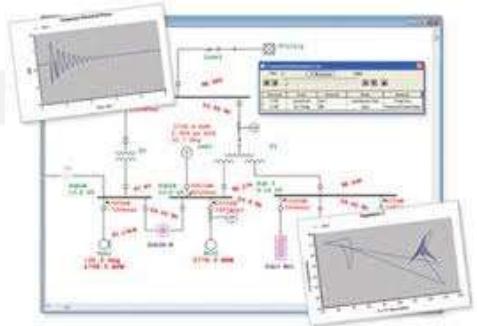
Categoría 2



Categoría 3



Categoría 4



Categoría 5

# PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



## K.2.4 Desarrollo de un plan de seguridad

Se debe desarrollar un plan de seguridad específico para el sitio antes de que ocurra un desastre. Al realizar la recuperación de equipos eléctricos, la seguridad, la salud y el medio ambiente son primordiales.

**Plan de seguridad ante emergencia = Plan de seguridad eléctrica + Consideraciones**



# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.1.1 Introducción

De preferencia, todos los tipos de equipos eléctricos deben almacenarse en un edificio limpio y con calefacción que ofrezca una buena protección física y permita un acceso controlado para evitar la manipulación no autorizada de los equipos. Sin embargo, los equipos pueden almacenarse en otros entornos interiores y exteriores con las disposiciones adecuadas para satisfacer las recomendaciones generales de esta sección.



# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.1.1 Inspección inicial

Antes de almacenar el equipo, cuando se lo recibe, se lo debe inspeccionar para detectar daños durante el envío y se deben realizar los informes recomendados para recuperar los costos de reparación o reemplazo del transportista en caso de que se produzcan daños.



## H.1.4 Pruebas de inspección

Se deben realizar pruebas de aislamiento y registrar los valores de las pruebas cuando se recibe el equipo. En las siguientes secciones se recomiendan pruebas periódicas para tipos específicos de equipo.



# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.2 Equipo

Cuando no se disponga de las condiciones de almacenamiento especificadas, el almacenamiento en interiores o exteriores deberá cumplir con lo expresado en esta sección acorde al equipo.

Punto aplicable para aparatos de distribución, tableros de distribución, control de motores y otros equipos de control.

**Transformadores, Motores y  
Generadores poseen una sección aparte.**

# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.5 Transformadores

**Se debe proporcionar almacenamiento en interiores para todos los transformadores, excepto los siguientes:**

- 1) Los transformadores destinados a ser instalados al aire libre pueden almacenarse al aire libre sin cubierta protectora.**
  
- 2) Las unidades interiores grandes se pueden almacenar al aire libre si se elevan por encima del nivel del suelo para evitar daños causados por el agua superficial y si se proporciona un techo corredizo y un revestimiento de lona (o equivalente).**



# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.5.3 Consideraciones

**Los bidones de líquido aislante almacenados al aire libre deben colocarse de costado con el tapón grande hacia abajo. Los bidones deben colocarse de manera que el tapón grande esté en un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la posición central inferior, para minimizar la contaminación por humedad u otros líquidos.**

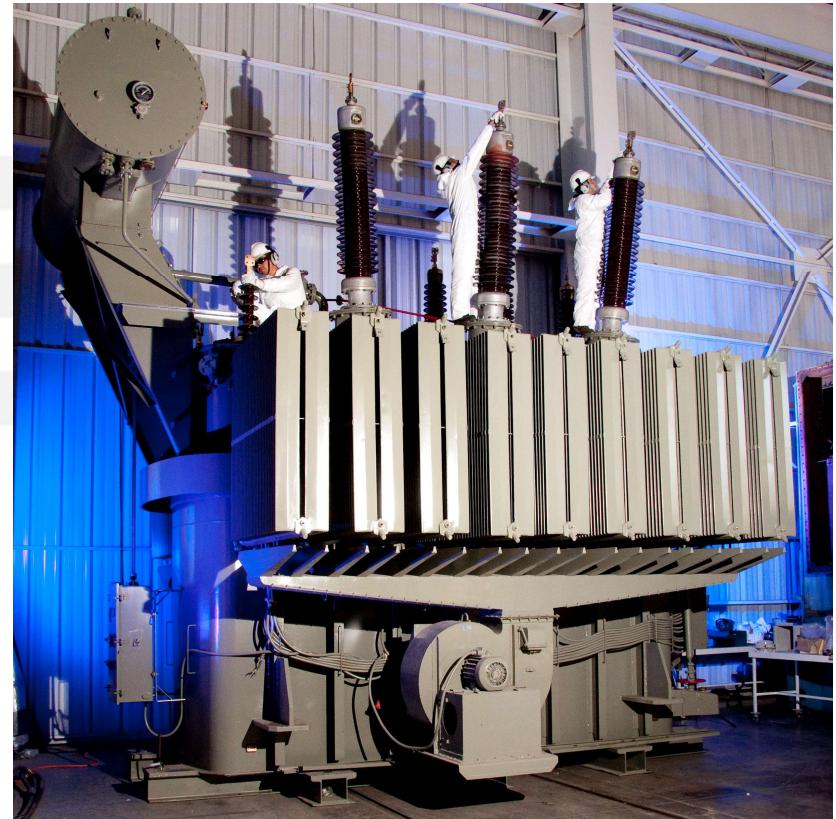


# ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



## H.5.4 Transformadores llenos de líquido aislante

Si se envía un transformador con el tanque principal lleno de líquido aislante (excepto el espacio de expansión), se debe medir y registrar el nivel del líquido y la temperatura ambiente cuando la unidad llega al sitio . Los niveles deben estar dentro de las tolerancias recomendadas. El transformador debe inspeccionarse periódicamente para verificar la ausencia de fugas .



# AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO



El levantamiento o revisión del programa de seguridad eléctrica debe comenzar con una evaluación de los programas existentes y considerar a lo menos:

- **Identificación de peligro / riesgo eléctrico**
- **Cantidad y tipo de incidentes eléctricos**
- **Procedimientos de seguridad eléctrica**
- **La capacitación**
- **Los elementos de protección personal**
- **Cumplimiento de la normativa legal y corporativa**
- **Entre otros.**



# AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO



## FRECUENCIAS 70B

La norma NFPA 70B establece, las auditorías no pueden exceder los 5 años, sin embargo, la norma NFPA 70E que es ley en Chile, establece una frecuencia más restrictiva de **3 años**.





# MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN Y PARTICIPACIÓN !



**Les Agradece:**

**Guido Pardo Blime**

**Revisor Técnico Oficial Norma**

**NFPA 70B año 2023**

**[gpardo@esys.cl](mailto:gpardo@esys.cl)**



**Guido Pardo Blime**

Gerente de Operaciones | Ingeniería |  
Especialista en Seguridad Eléctrica | ...



# INFORMACIÓN CORPORATIVA

INFORMACIÓN CORPORATIVA



INFORMACIÓN PROXXI

