



PROTECCIONES ELÉCTRICAS

OBJETIVOS DE LA PRESENTACIÓN

Después de finalizada esta presentación los invitados estarán en la capacidad de:

1. Reconocer los elementos que contienen los sistemas de protección y sus características de funcionamiento.
2. Identificar los esquemas principales de protección y su modo de operación.
3. Identificar la simbología usadas en los planos de las protecciones eléctricas según las normas ANSI e IEEE.
4. Resalta la importancia de los esquemas de protección en un circuito eléctrico y las principales características que deben cumplir.

TEMAS A TRATAR

- ✓ PORQUÉ SON IMPORTANTES LAS PROTECCIONES
- ✓ CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN.
- ✓ RESPALDO EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN
- ✓ LAS ZONAS DE PROTECCIÓN
- ✓ COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN
- ✓ TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN
- ✓ BREAKERS
- ✓ RELÉS DE PROTECCIÓN
- ✓ TIPOS DE PROTECCIÓN

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA EN LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

ELEMENT	IEEE	IEC
Normally Open Contact		
Normally Closed Contact		
Form C		
Breaker		
Disconnect Switch		
Motor Operated Disconnect Switch		
Circuit Switcher		
Transformer 2 Winding		
Transformer 3 Winding		
Autotransformer		

ELEMENT	IEEE	IEC
Overhead Line		
Underground Cable		
Fault		
Current Transformer		
Voltage Transformer		
Phase Designations (typical)	A B C (preferred) 1 2 3	R S T
Component Designations (positive, negative, zero)	1 2 0	1 2 0
Current	I	I
Voltage	V	U

INTRODUCCIÓN: ¿PORQUÉ SON NECESARIAS LAS PROTECCIONES EN UN SISTEMA ELÉCTRICO?

1. **PREVENIR**

2. **REDUCIR**

3. **PROTEGER**

INTRODUCCIÓN: ¿PORQUÉ SON NECESARIAS LAS PROTECCIONES EN UN SISTEMA ELÉCTRICO?

1. **PREVENIR** daños considerables en equipos instalados → **Minimizar** los costos de las reparaciones.
2. **REDUCIR** los cortes de energía a los usuarios al mínimo posible → **Mantener** el servicio de energía de forma continua hasta donde sea posible para poder facturar.
3. **PROTEGER** la salud del personal, del público general, los animales.

INTRODUCCIÓN: ¿QUE CAUSA LAS CONDICIONES ANORMALES EN UN SISTEMA ELÉCTRICO ?

1. EVENTOS NATURALES:

3. FALLAS EQUIPOS:

2. ACCIDENTES FÍSICOS:

4. MALA OPERACIÓN:

INTRODUCCIÓN: ¿QUE CAUSA LAS CONDICIONES ANORMALES EN UN SISTEMA ELÉCTRICO ?

1. EVENTOS NATURALES:

- Truenos,
- Huracanes,
- Terremotos.

2. ACCIDENTES FÍSICOS:

- Caída de un árbol,
- Explosiones,
- Accidentes.

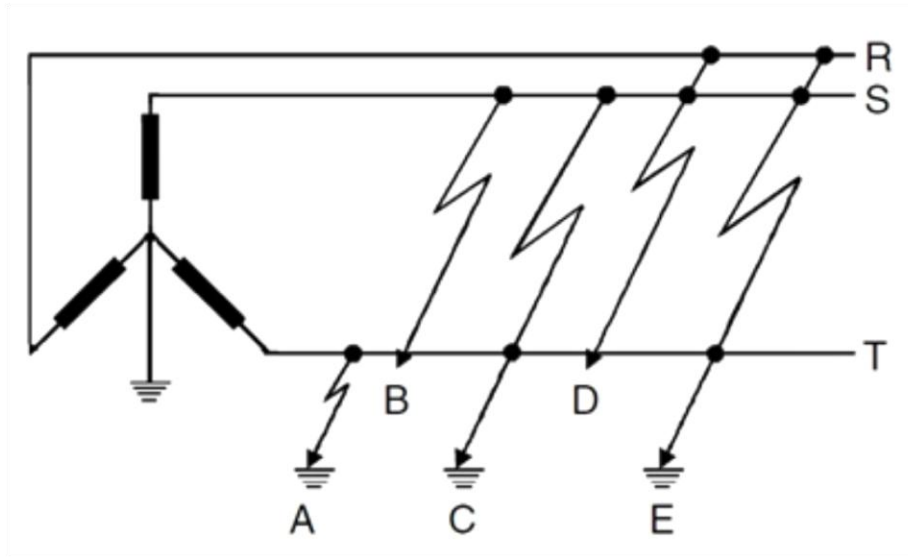
3. FALLAS EQUIPOS:

- Daño aislamiento cables,
- Fallas internas en equipos

4. MALA OPERACIÓN:

- Aterrizar circuitos conectados a tierra,
- Mala instalación.
- Inadecuada especificación técnica.

INTRODUCCIÓN: FALLAS ACTIVAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS – CORTOCIRCUITOS



Corriente = I

Calor = $H = I^2 \times R$

Aumenta la corriente



Aumenta la disipación de calor



Incendios

INTRODUCCIÓN: FALLAS PASIVAS QUE OCURREN EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

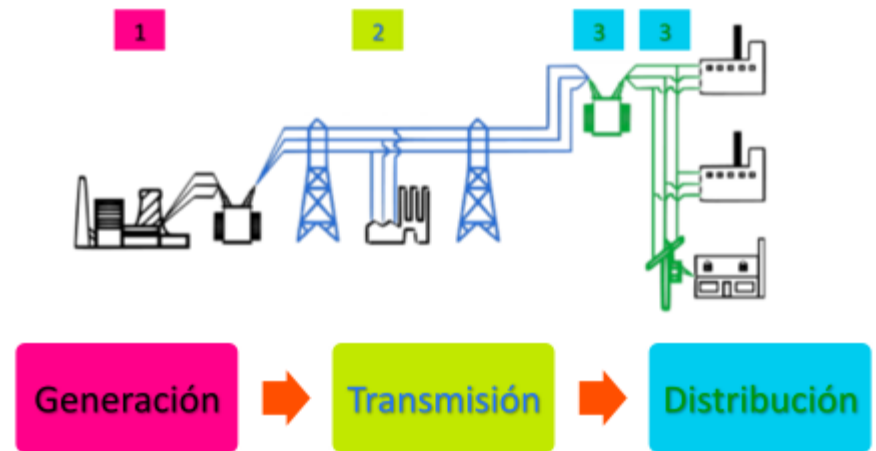


**TRANSFORMADOR
Y/O
GENERADOR**

- Bajo Voltaje
- Cambios de potencia o del factor de potencia
- Cambios en la dirección de la corriente y flujo de la potencia
- Cambios en la frecuencia del sistema
- Cambios internos en temperatura

INTRODUCCIÓN: OTRO TIPO DE FALLAS QUE OCURREN EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

- **Subtensión**: Es cuando el valor nominal de la tensión es inferior al valor nominal. Produce sobre corrientes.
- **Sobretensión**: Es cuando el valor nominal de la tensión es superior al valor nominal. Riesgo en perforación del aislamiento.
- **Sobrecarga**: Cuando el circuito trabaja a una mayor cantidad de corriente a la que fue diseñado.
- **Retorno de corriente:**



INTRODUCCIÓN: FALLAS TRANSITORIAS Y FALLAS PERMANENTES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

TRANSITORIAS

Falla que no daña el aislamiento o equipos de forma permanente y pueden ser energizados después de un corto periodo de tiempo.

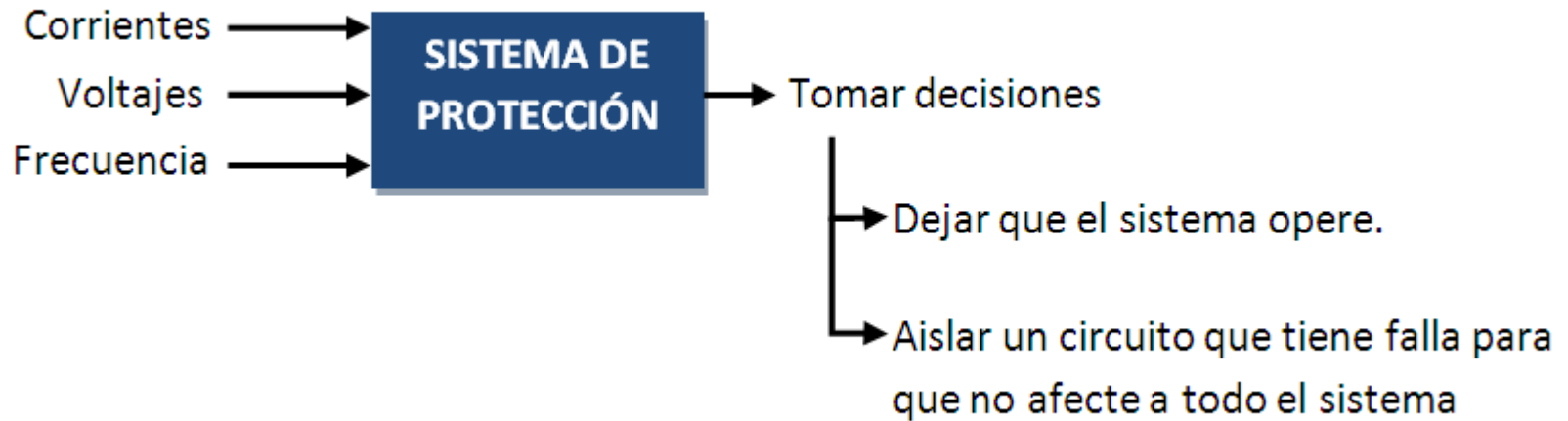


PERMANENTES

Falla permanente del aislamiento o equipos y se requiere de una reparación antes de energizar el circuito.



INTRODUCCIÓN: QUE DEBE HACER EL SISTEMA DE PROTECCIÓN

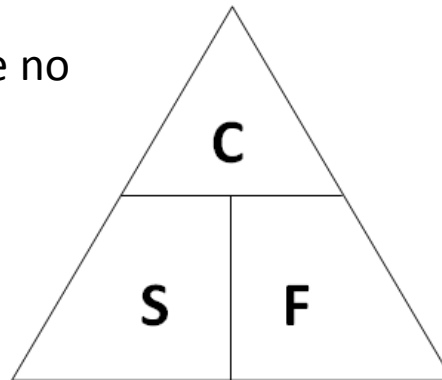
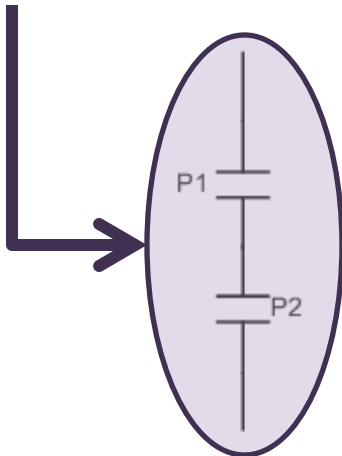


INTRODUCCIÓN: CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

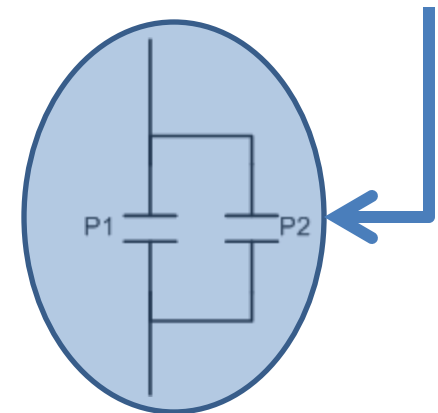
SISTEMA DE PROTECCIÓN

↓
CONFIABLE = SEGURO + FIABLE

SEGURO: Es la probabilidad de no tener un disparo indeseado

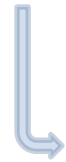


FIABLE: Es la probabilidad de no tener una omisión de disparo.



INTRODUCCIÓN: CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

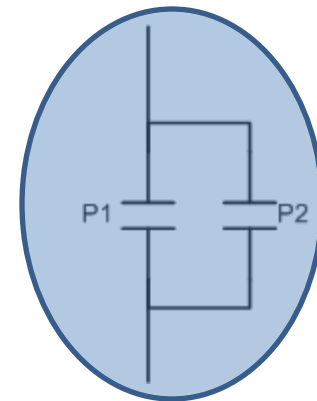
SISTEMA DE PROTECCIÓN



CONFIABLE = SE

SEGURO: Es la probabilidad de no tener un disparo indeseado. Es la probabilidad de no tener una omisión de disparo.

- Algunos sistema requieren ser mas seguros.
- Otros requieren tener mayor fiabilidad.
- Y algunos otros requiere es una combinación a la medida de los dos: Fiabilidad y Seguridad.



INTRODUCCIÓN: OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- **VELOCIDAD**: Lo ideal es responder ante una falla en el menor tiempo posible. Alta velocidad indica 50 ms ó 3 ciclos de 60Hz.
- **SELECTIVIDAD**: La protección se arregla en zonas, es indispensable seleccionar y disparar las zonas mas cercanas.
- **SENSIBILIDAD**: Se refiere al valor mínimo que se requiere para que la protección actúe.
- **AUTOMATICIDAD**: Para una mayor rapidez en la respuesta, las Protecciones0 deben realizarse sin intervención humana.

INTRODUCCIÓN: OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- VELOCIDAD: Lo ideal es responder ante una falla en el menor tiempo posible. Alta velocidad indica 50 ms ó 3 ciclos de 60Hz.
- **SELECTIVIDAD**: La protección se arregla en zonas, es indispensable seleccionar y disparar las zonas mas cercanas.
- SENSIBILIDAD: Se refiere al valor mínimo que se requiere para que la protección actúe.
- AUTOMATICIDAD: Para una mayor rapidez en la respuesta, las Protecciones deben realizarse sin intervención humana.

INTRODUCCIÓN: OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- VELOCIDAD: Lo ideal es responder ante una falla en el menor tiempo posible. Alta velocidad indica 50 ms ó 3 ciclos de 60Hz.
- SELECTIVIDAD: La protección se arregla en zonas, es indispensable seleccionar y disparar las zonas mas cercanas.
- **SENSIBILIDAD**: Se refiere al valor mínimo que se requiere para que la protección actúe.
- AUTOMATICIDAD: Para una mayor rapidez en la respuesta, las Protecciones deben realizarse sin intervención humana.

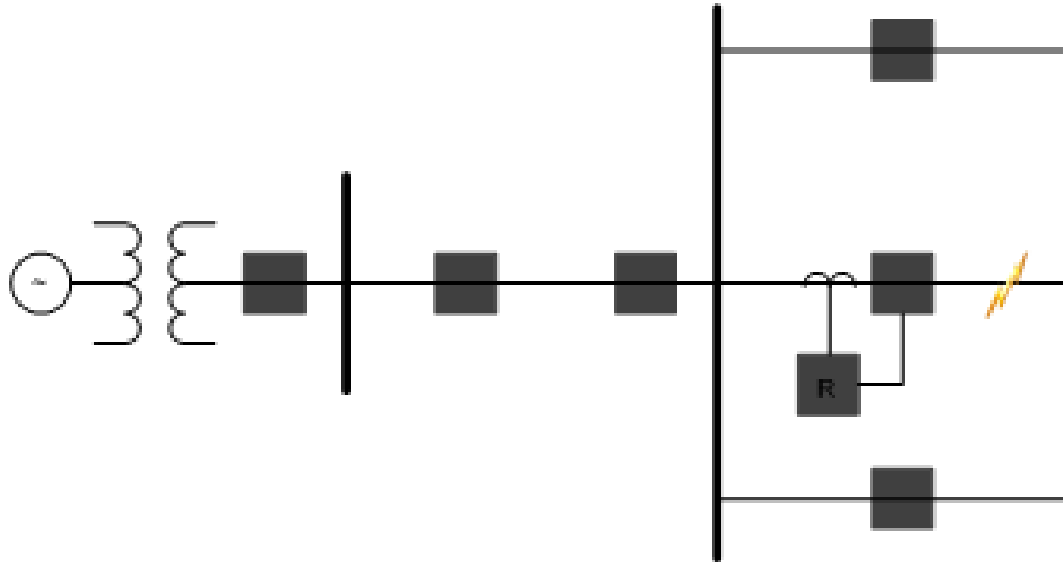
INTRODUCCIÓN: OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- VELOCIDAD: Lo ideal es responder ante una falla en el menor tiempo posible. Alta velocidad indica 50 ms ó 3 ciclos de 60Hz.
- SELECTIVIDAD: La protección se arregla en zonas, es indispensable seleccionar y disparar las zonas mas cercanas.
- SENSIBILIDAD: Se refiere al valor mínimo que se requiere para que la protección actúe.
- **AUTOMATICIDAD**: Para una mayor rapidez en la respuesta, las Protecciones deben realizarse sin intervención humana.

INTRODUCCIÓN: QUE SUCEDE SI UNA PROTECCIÓN NO TRABAJA CORRECTAMENTE



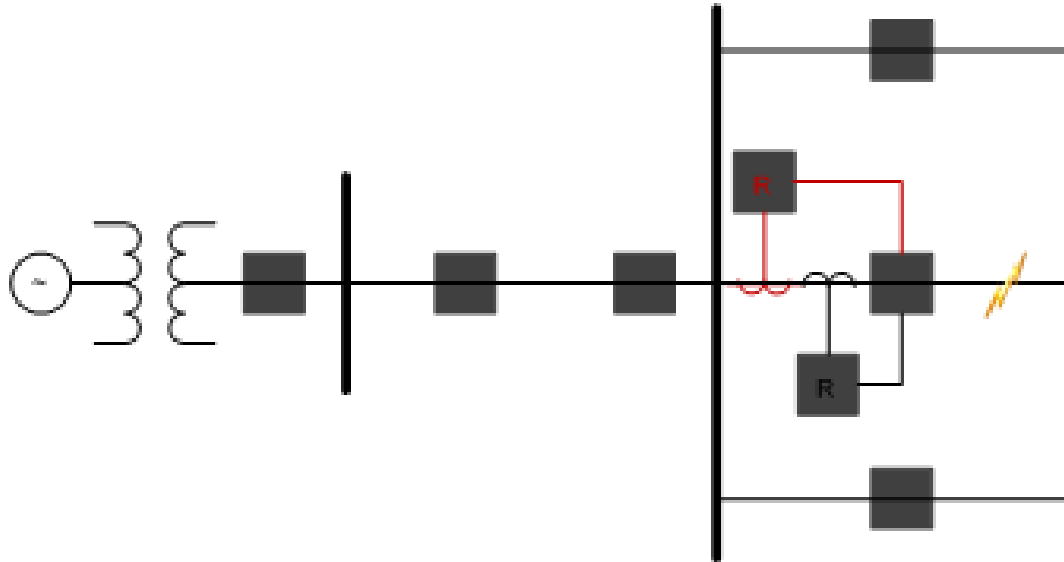
INTRODUCCIÓN: RESPALDO EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN



Es importante que nuestro sistema de protección actúe ante la presencia de una falla, sí o sí, para evitar la destrucción de los sistemas o equipos.

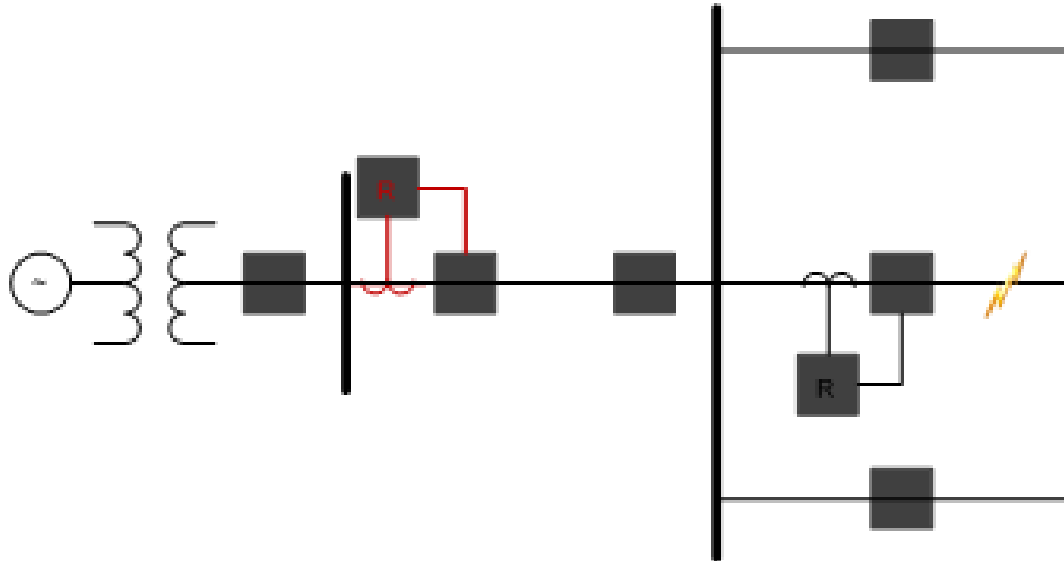
Por lo tanto las empresas han instalado dos tipos de respaldo (o Backup) a los sistemas de protección: Local y Remoto

INTRODUCCIÓN: RESPALDO LOCAL EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN



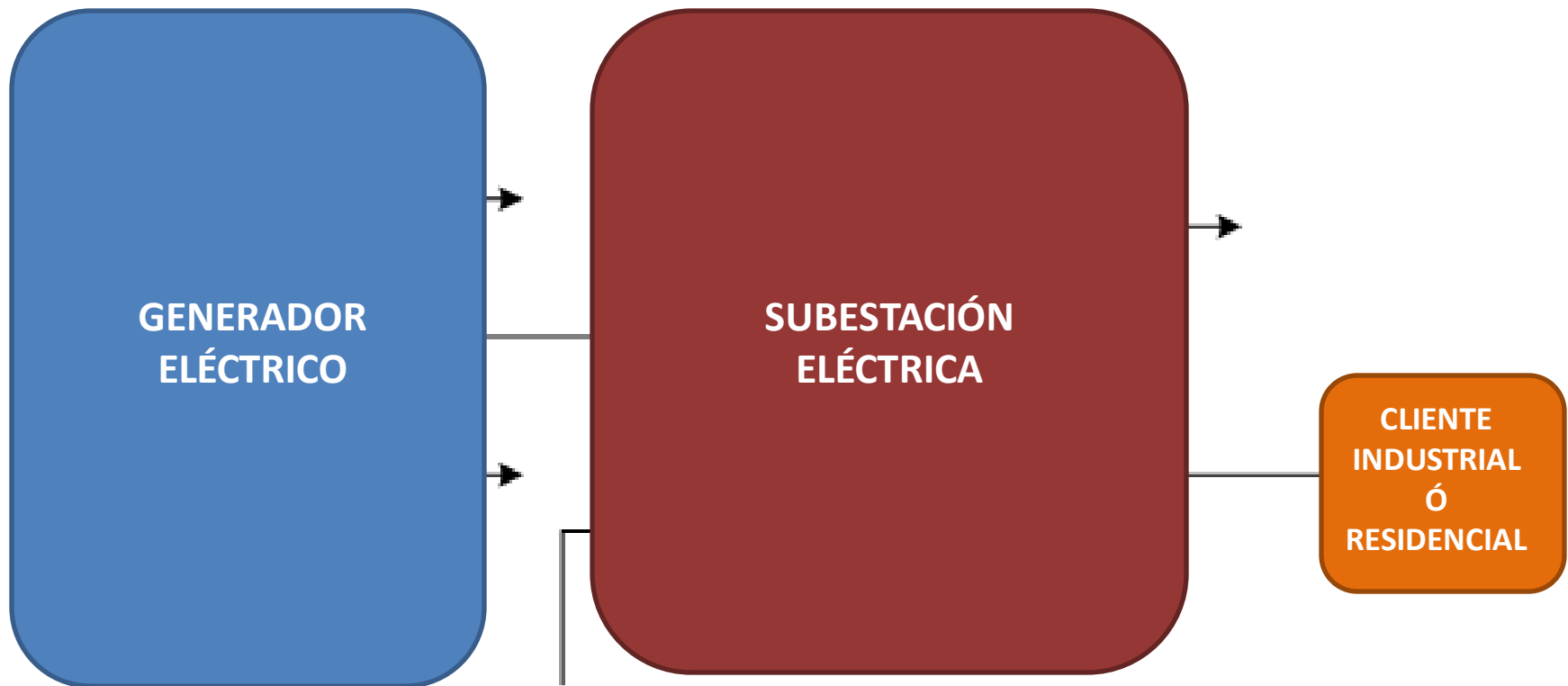
- El respaldo LOCAL se encuentra DENTRO de la misma subestación.
- Si después de presentarse la falla, el sistema de protección no actúa, entonces entra en funcionamiento el sistema de respaldo.
- El sistema de respaldo debe tener una temporización suficiente para que el sistema principal opere.
- El sistema de respaldo puede ser un complementario o idéntico al sistema principal.

INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN



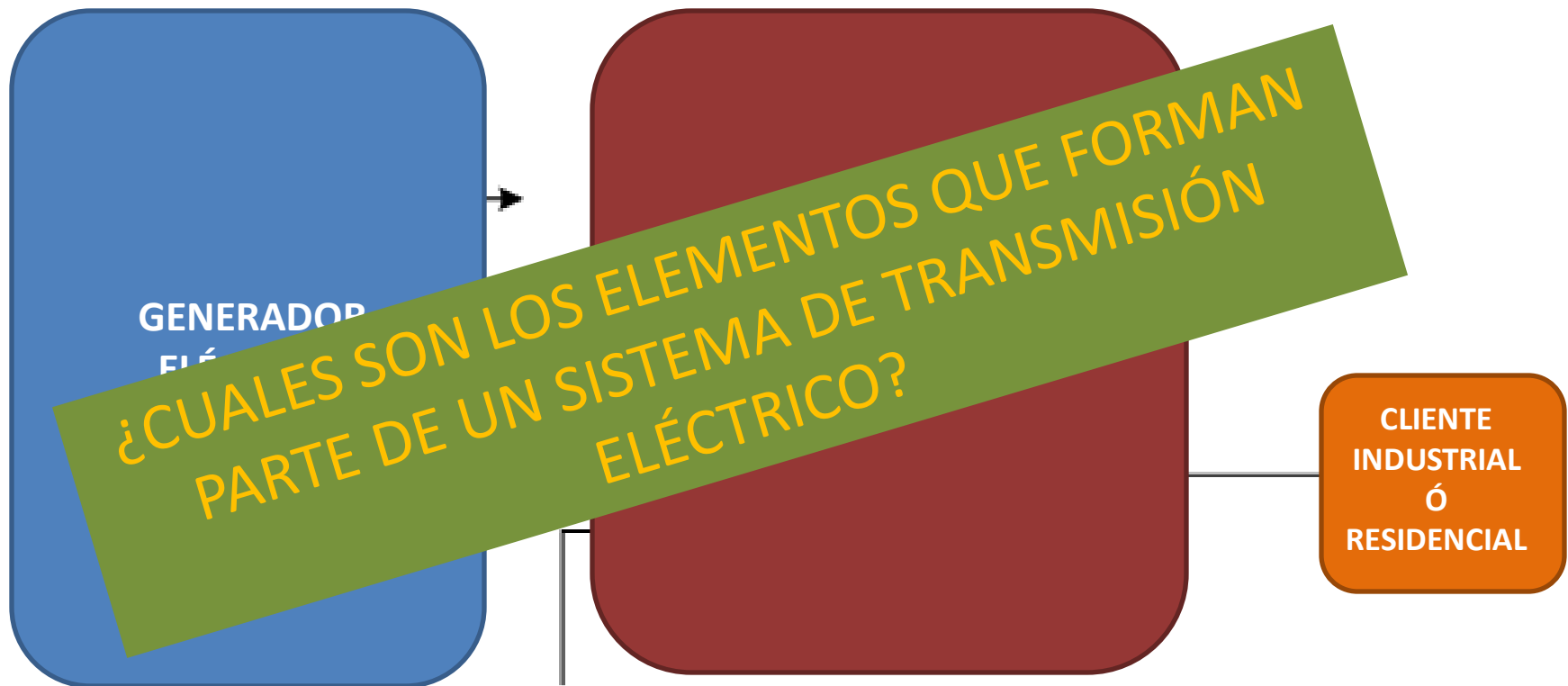
- El respaldo REMOTO se encuentra AFUERA, en la subestaciones vecinas.
- El sistema de respaldo remoto debe tener una temporización mayor al sistema de respaldo local.
- El sistema de respaldo remoto en la mayoría de casos también desenergiza circuitos que no presentan falla, afectando a usuarios que no deberían afectarse.
- El respaldo remoto no tiene ningún elemento en común con la protección principal, por lo tanto la probabilidad que ambas Protecciones fallen es muy reducida.

INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

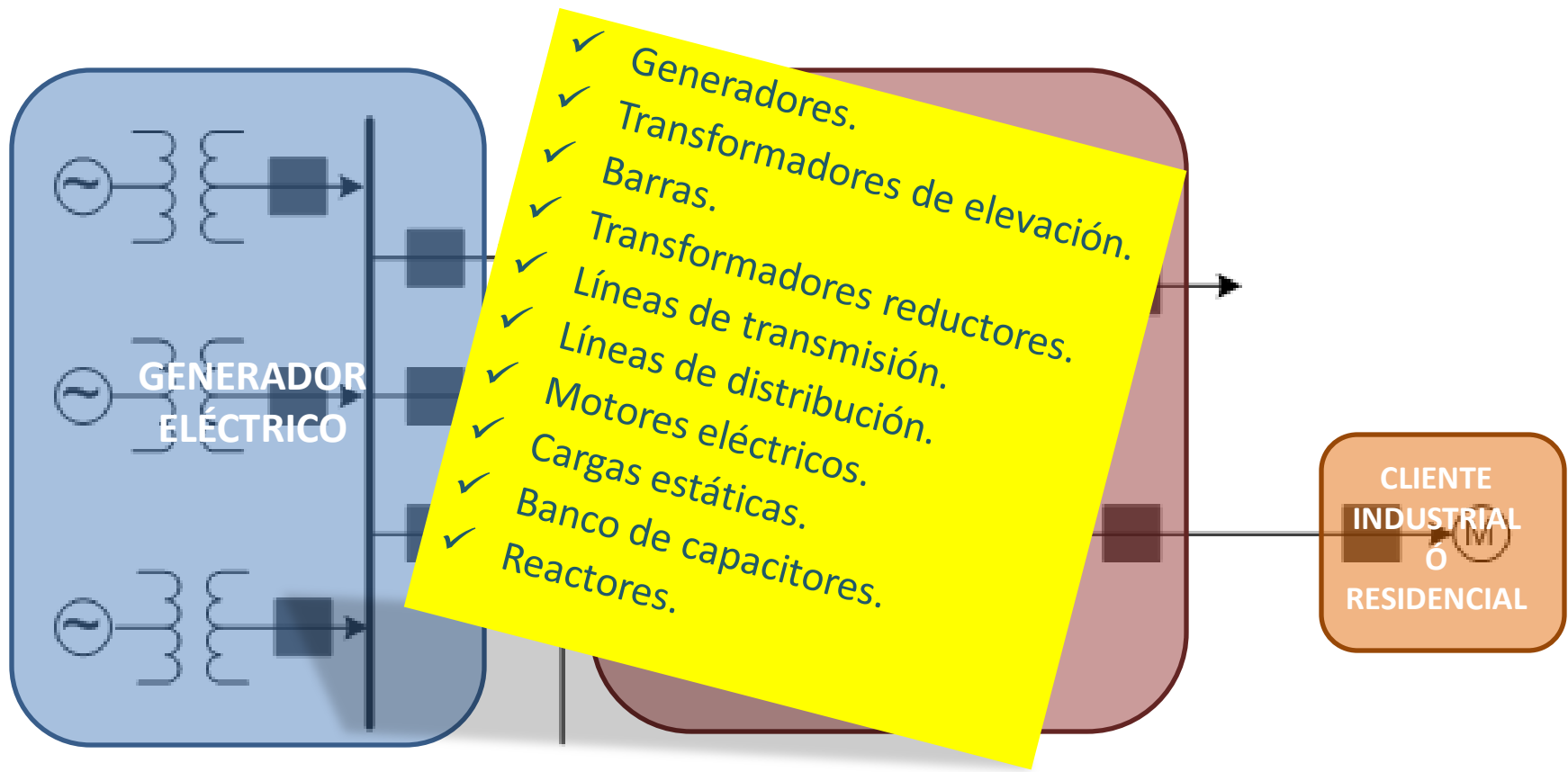


PROCESO DE GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

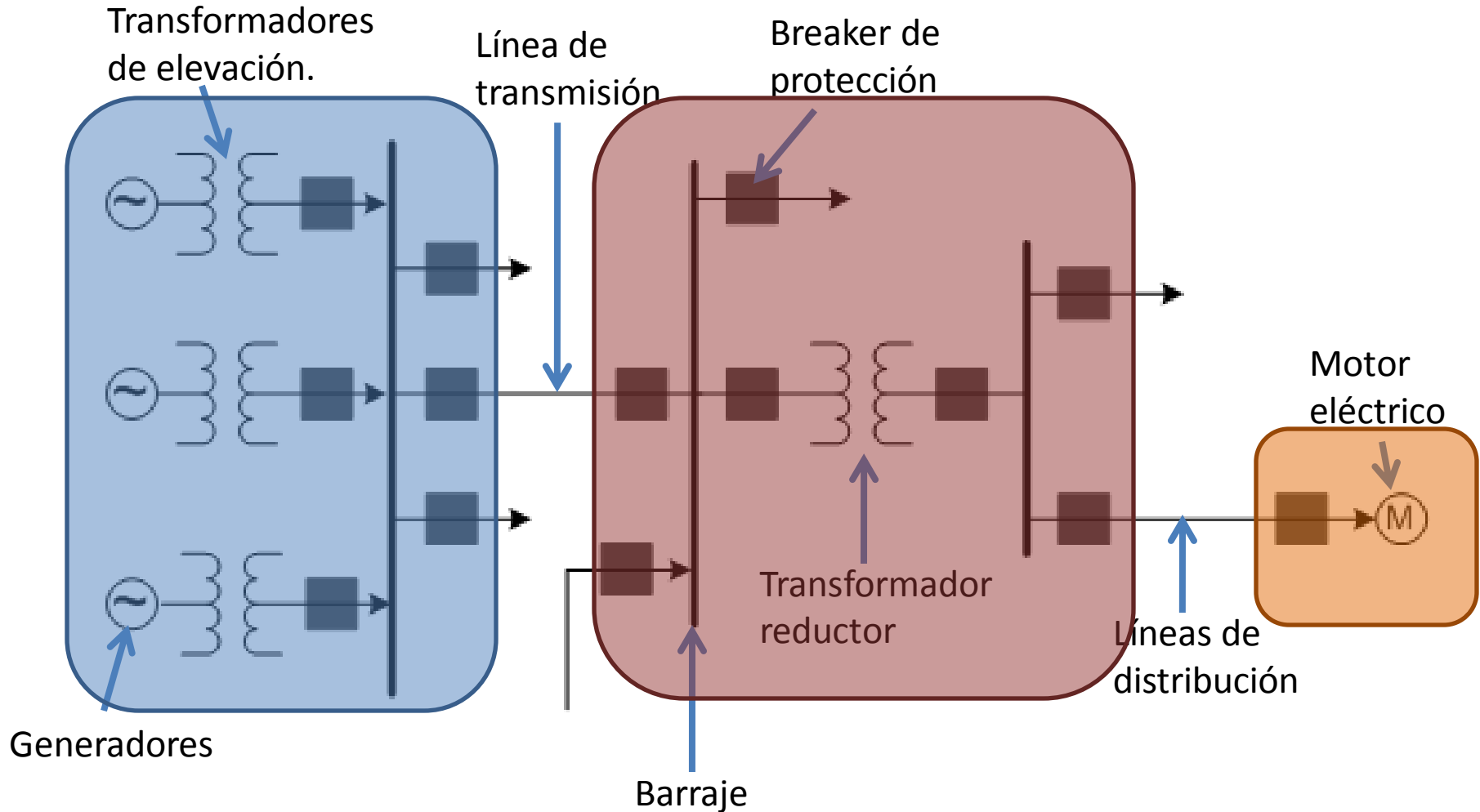
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN. ELEMENTOS DE LA SUBESTACIÓN.



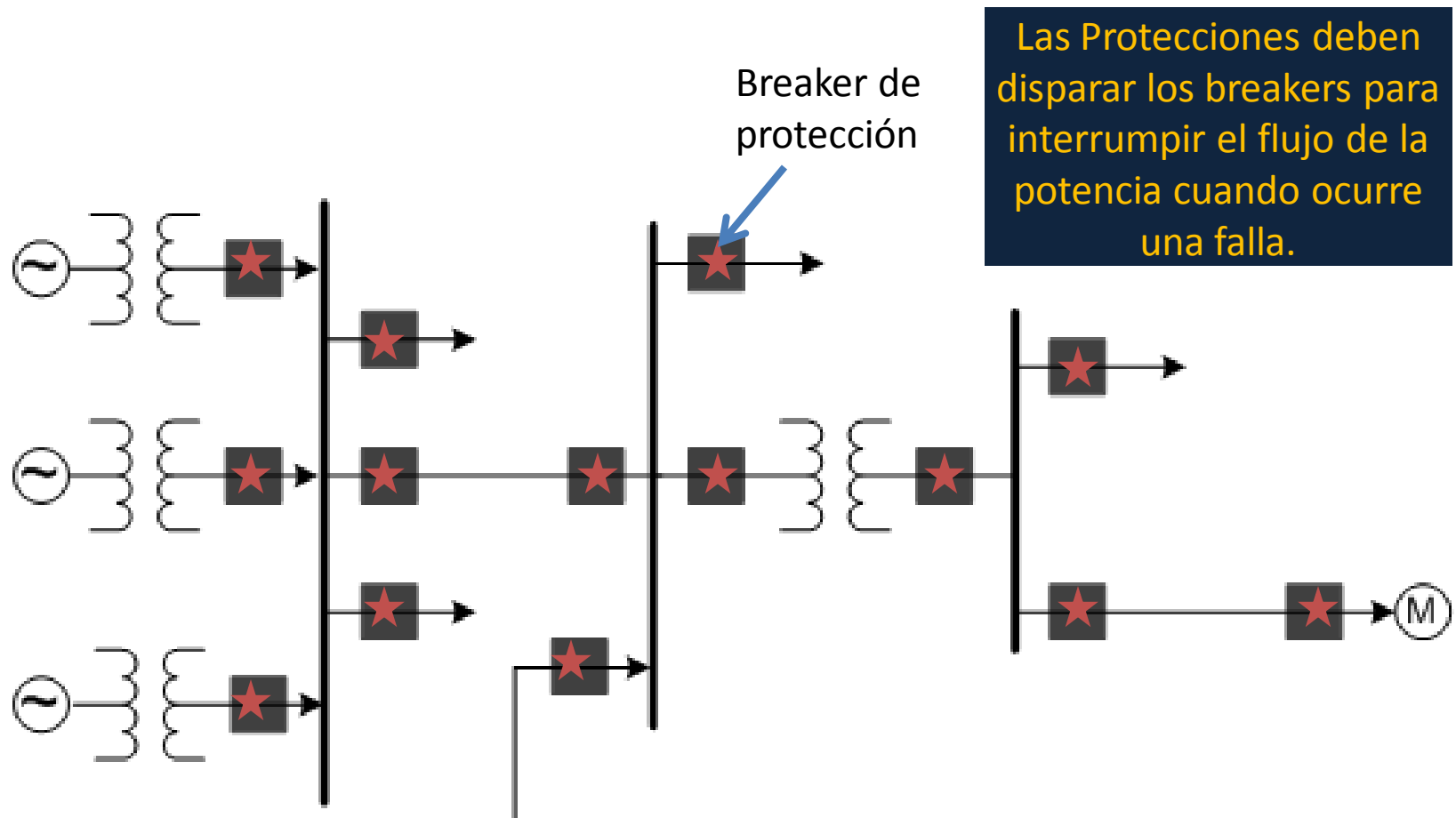
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



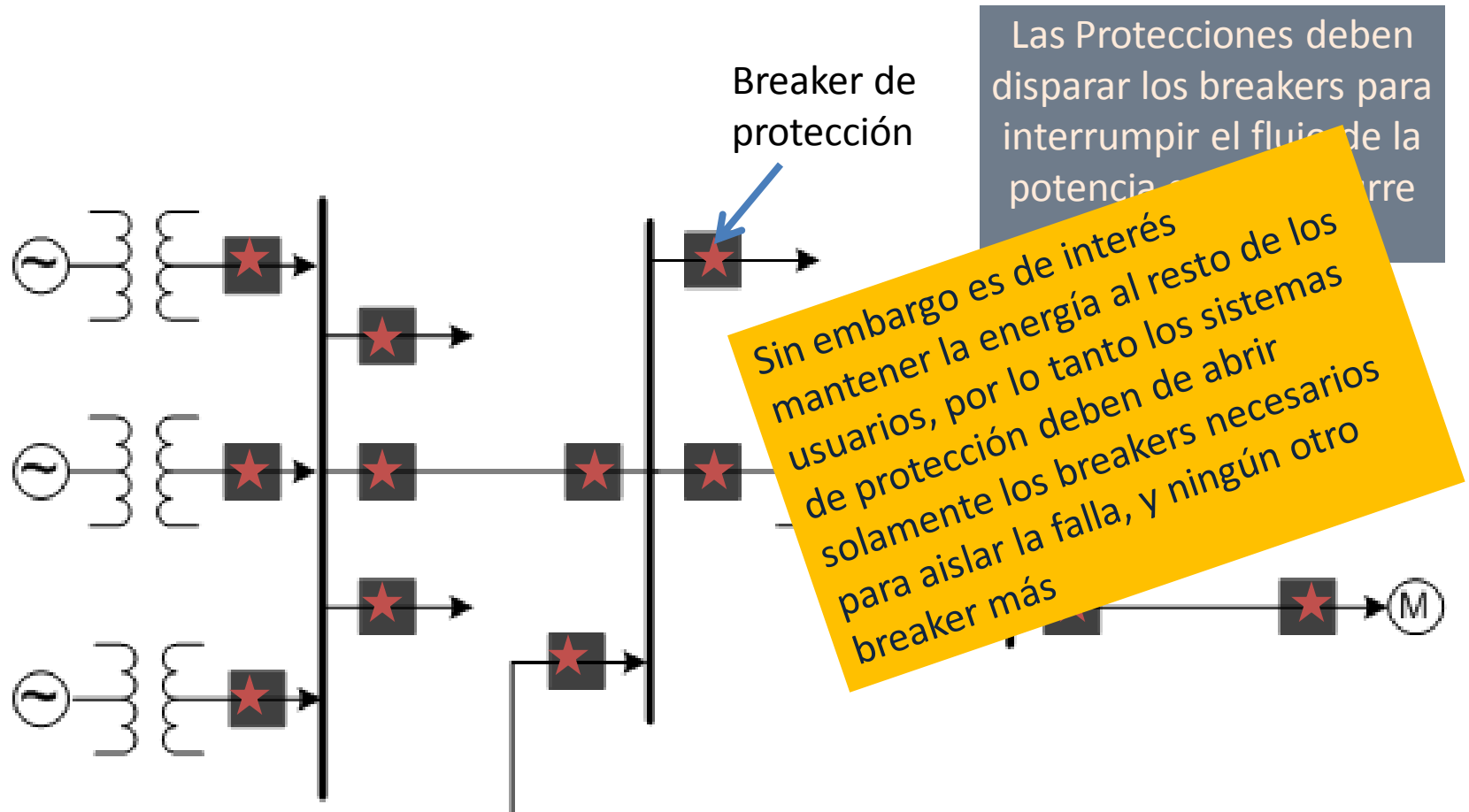
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



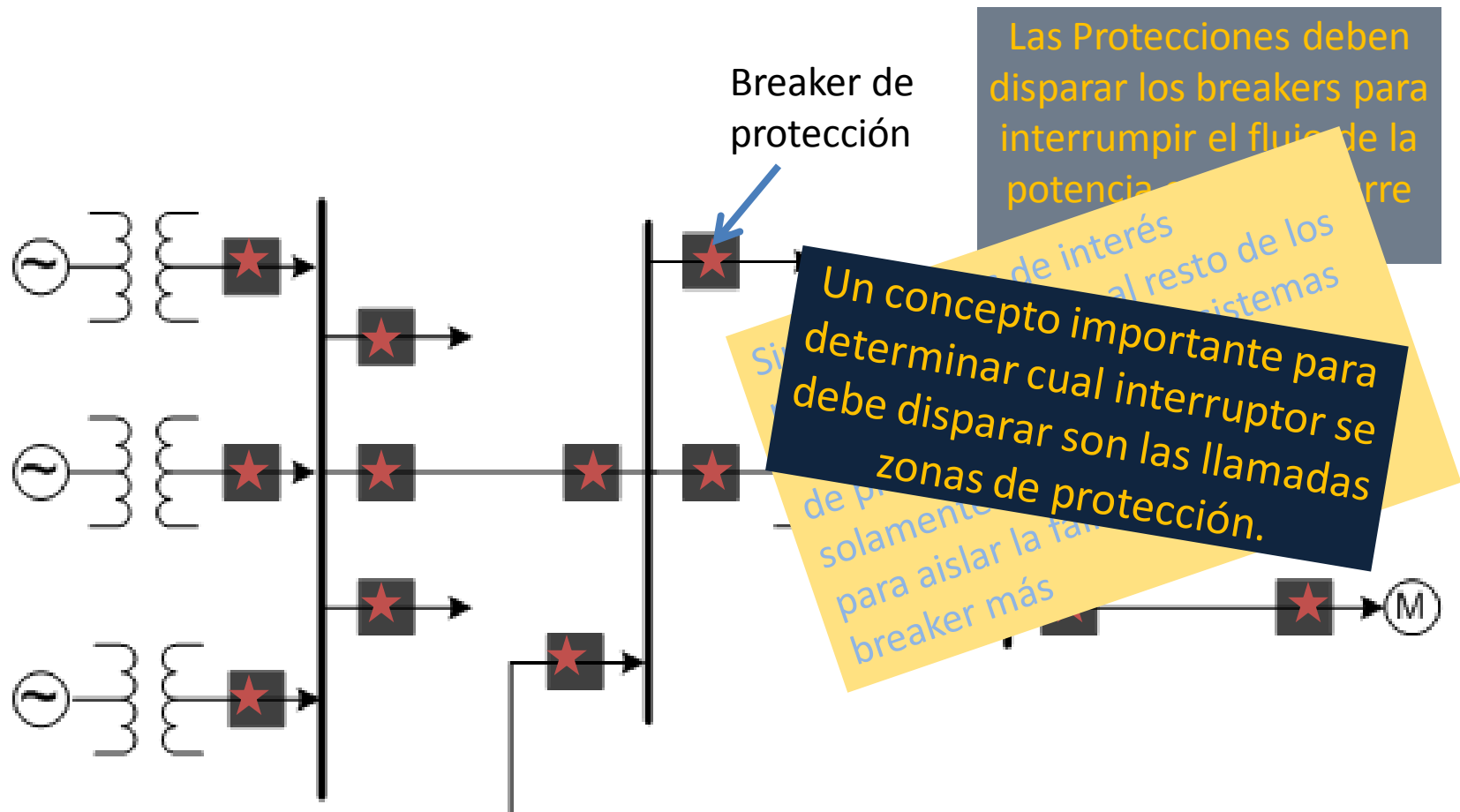
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

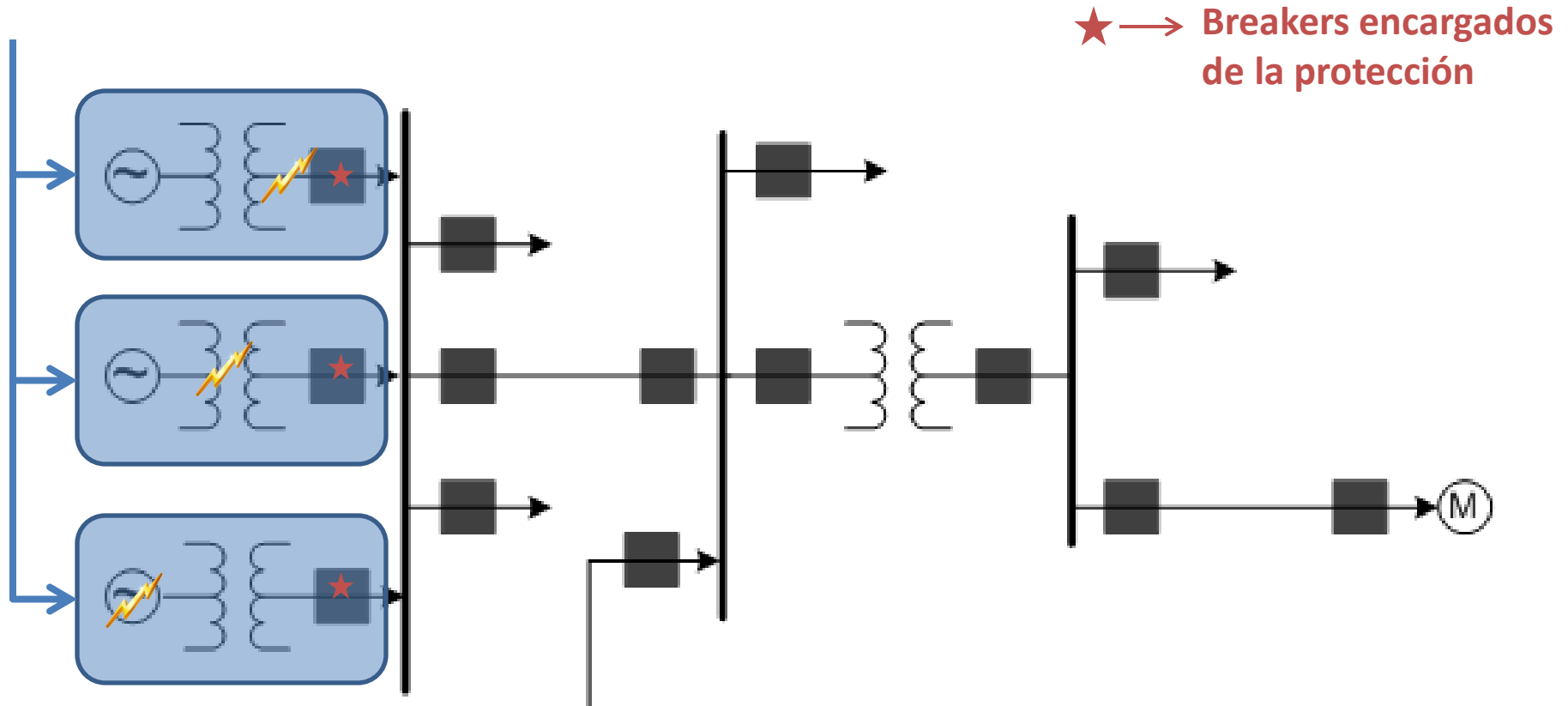


INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

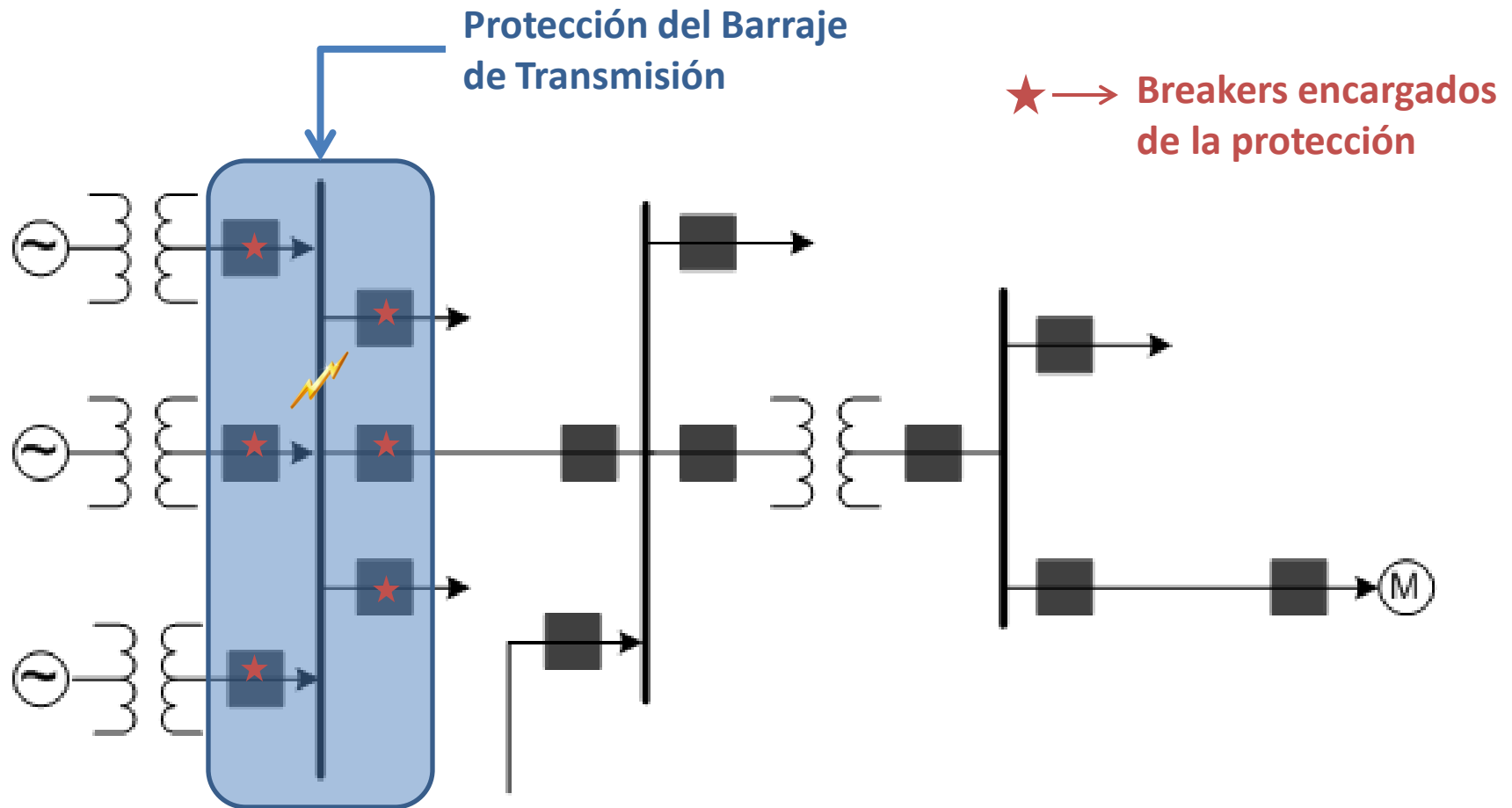


INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

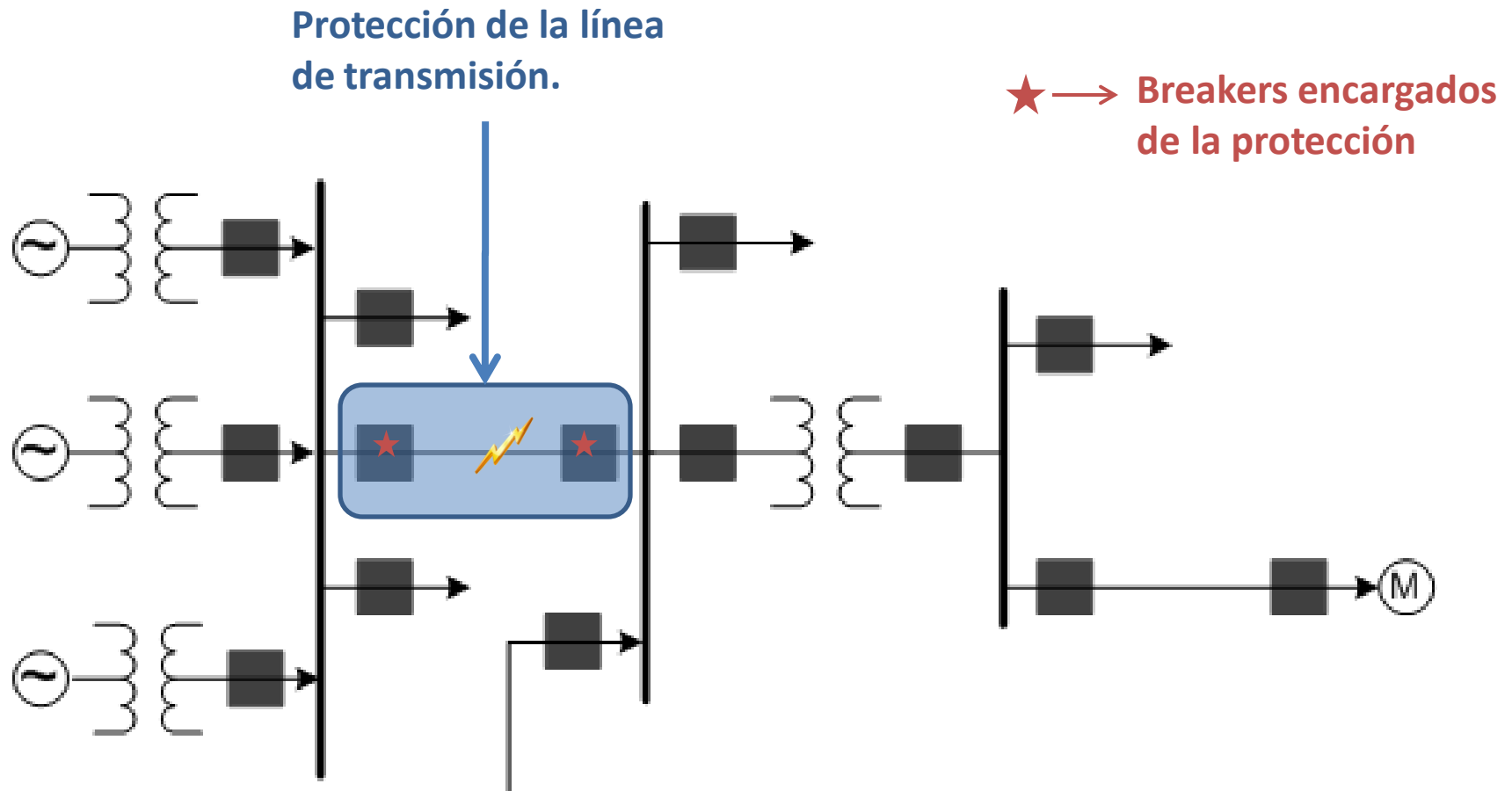
Protección de los Generadores



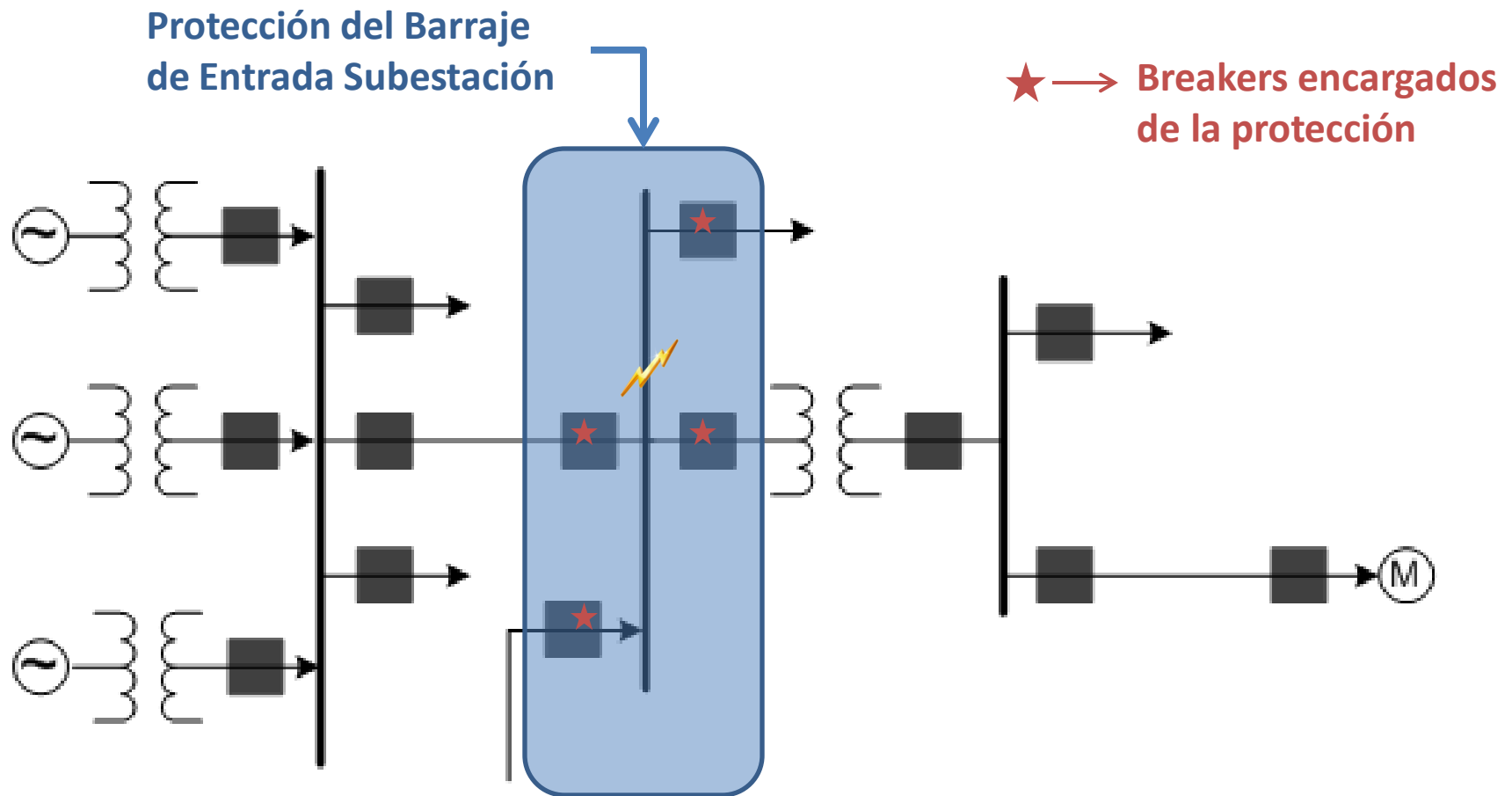
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



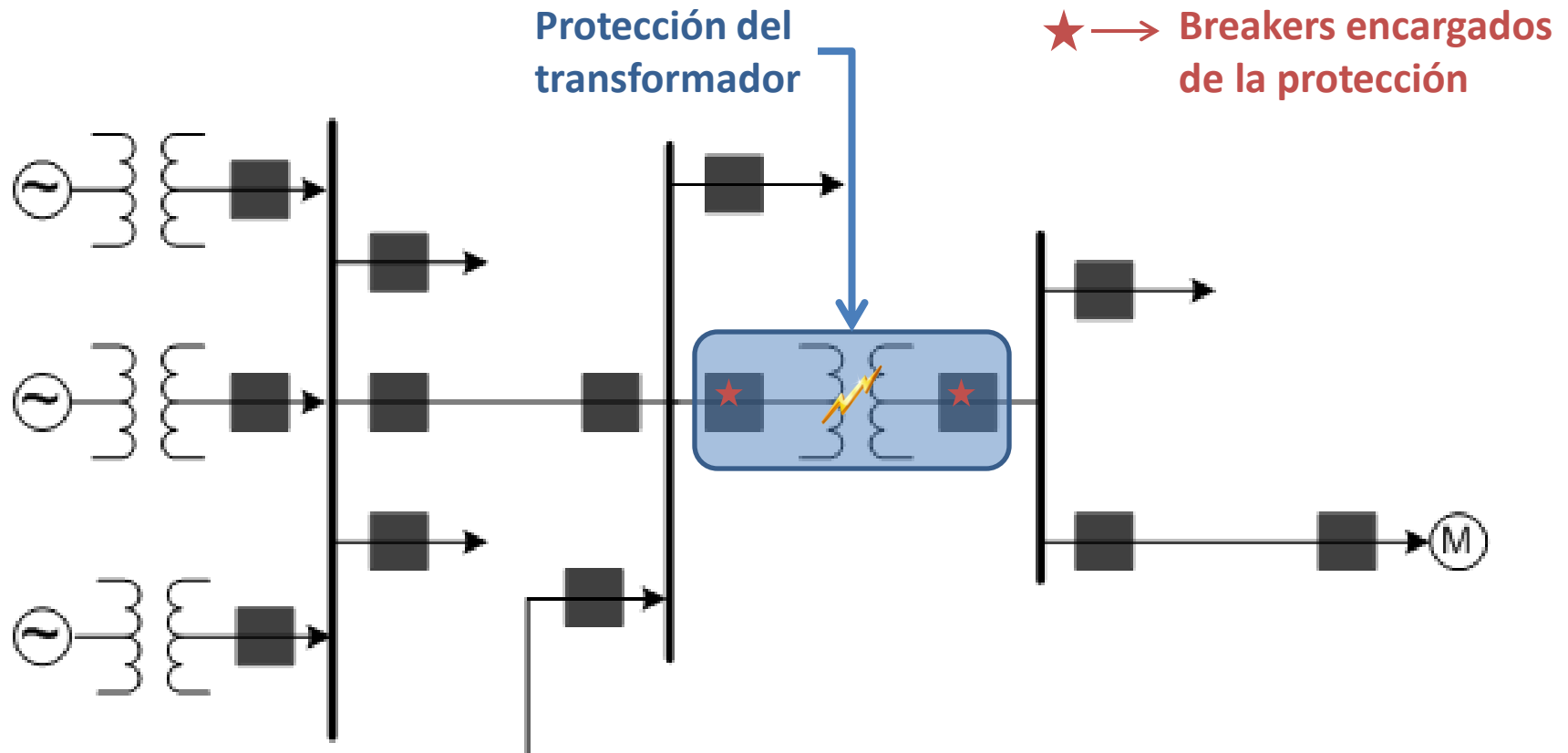
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



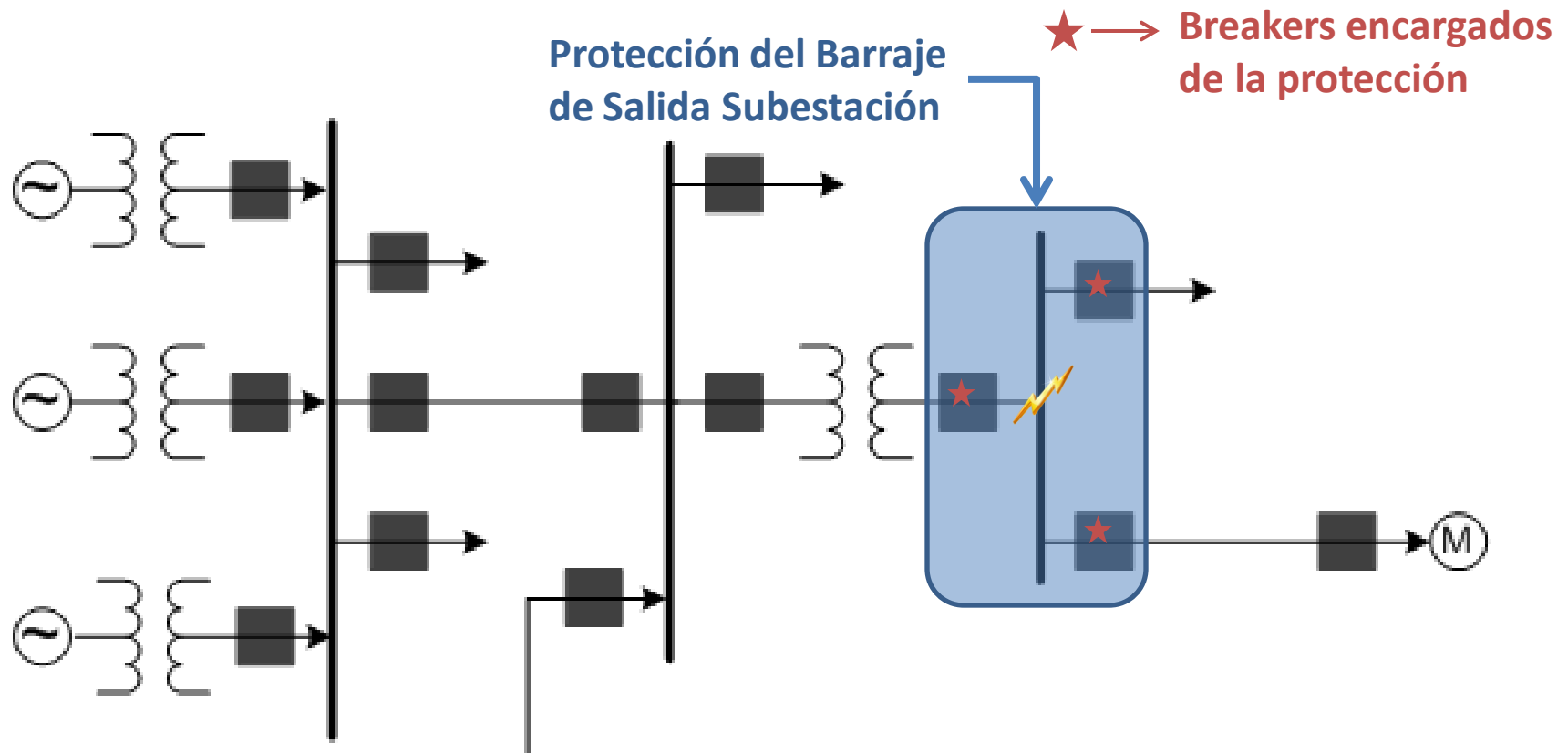
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



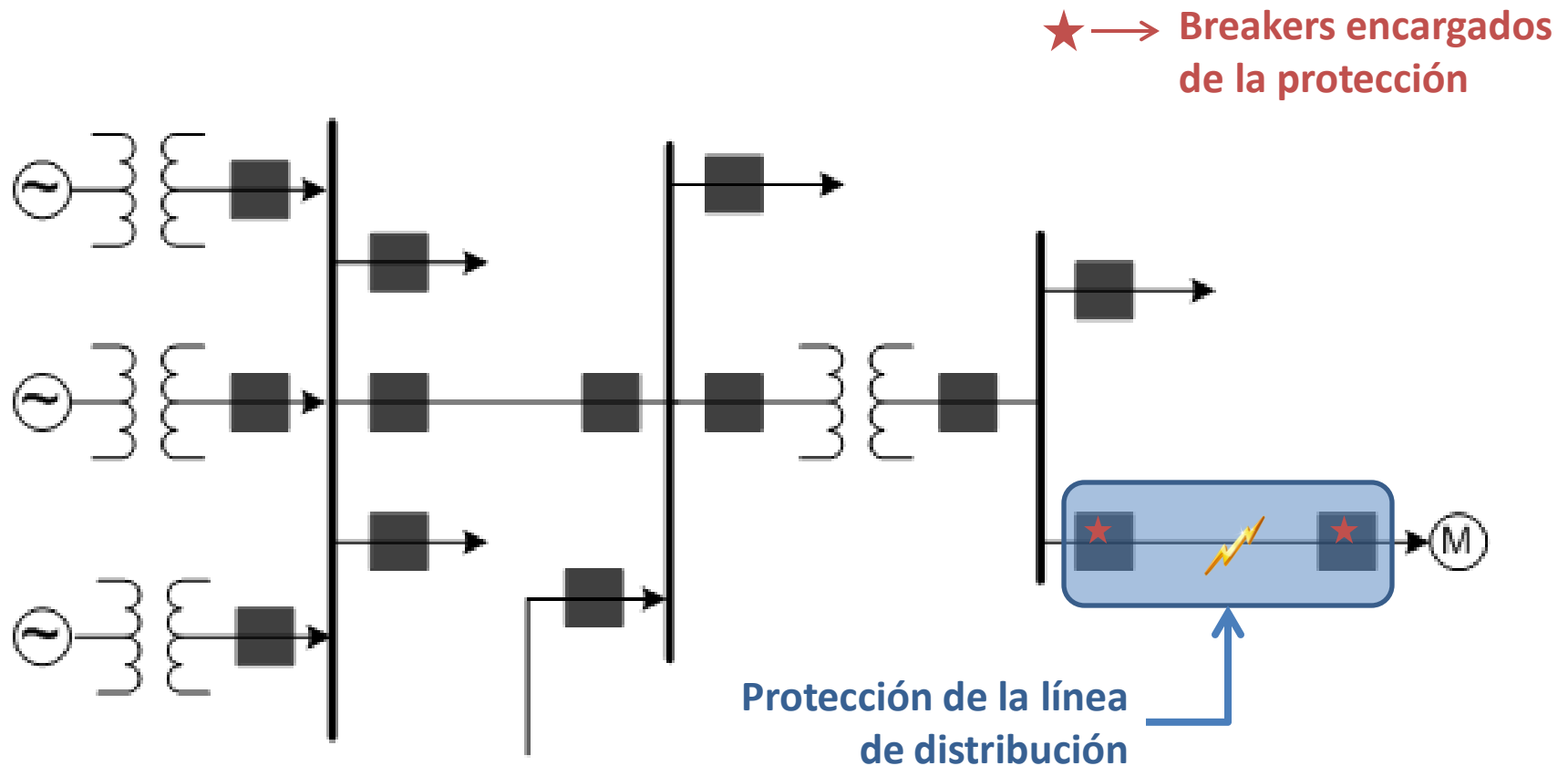
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



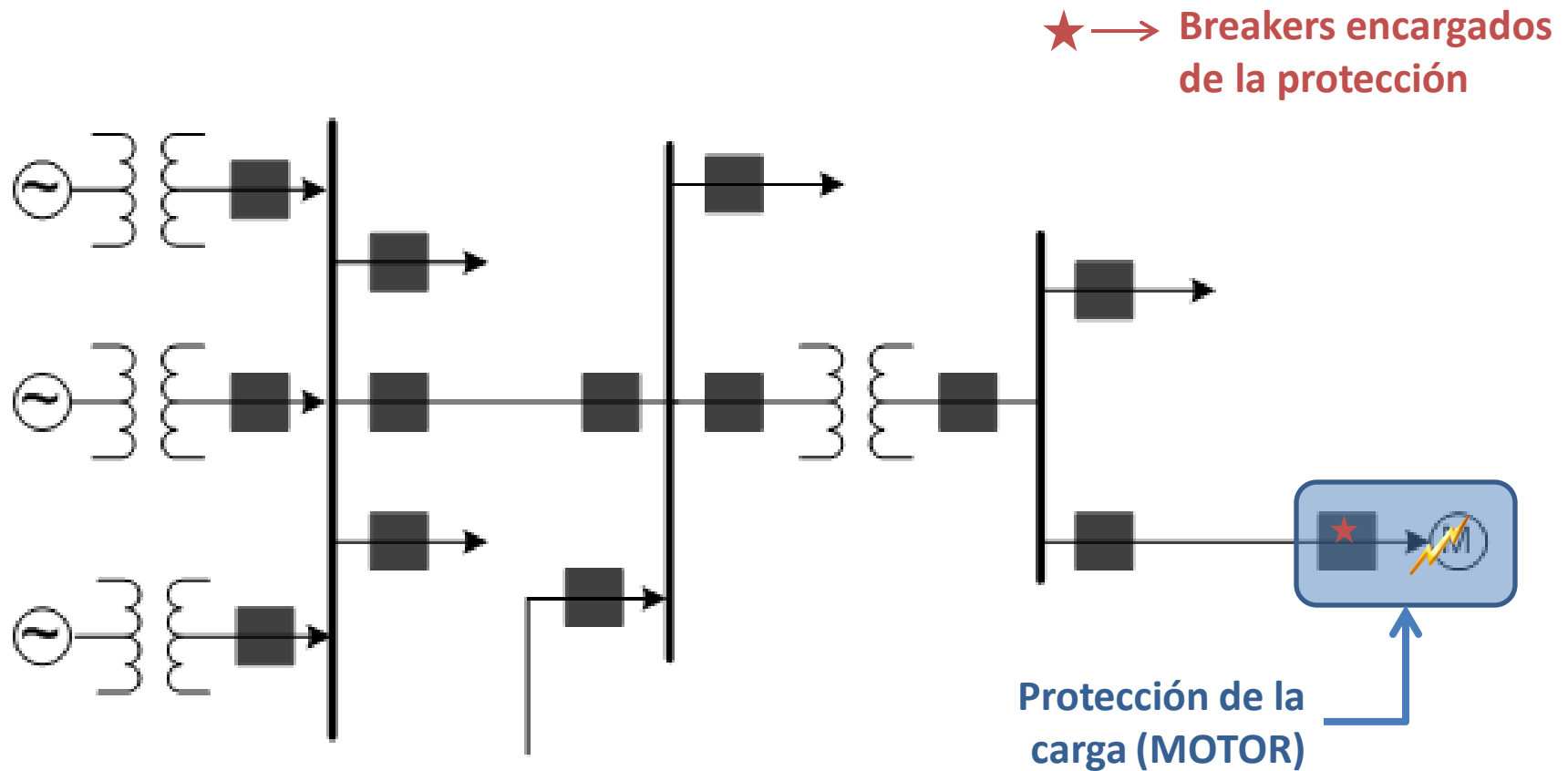
INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

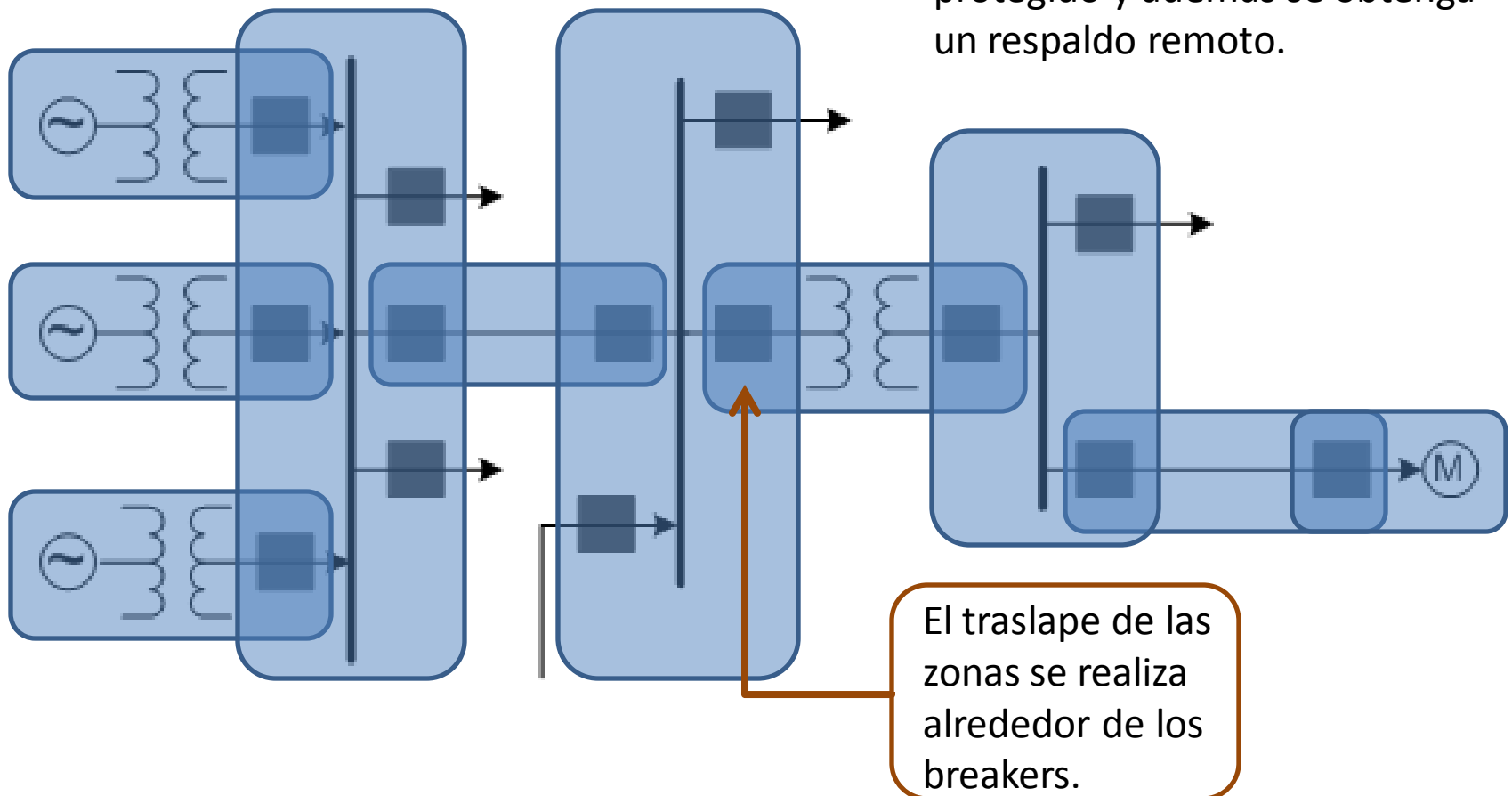


INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

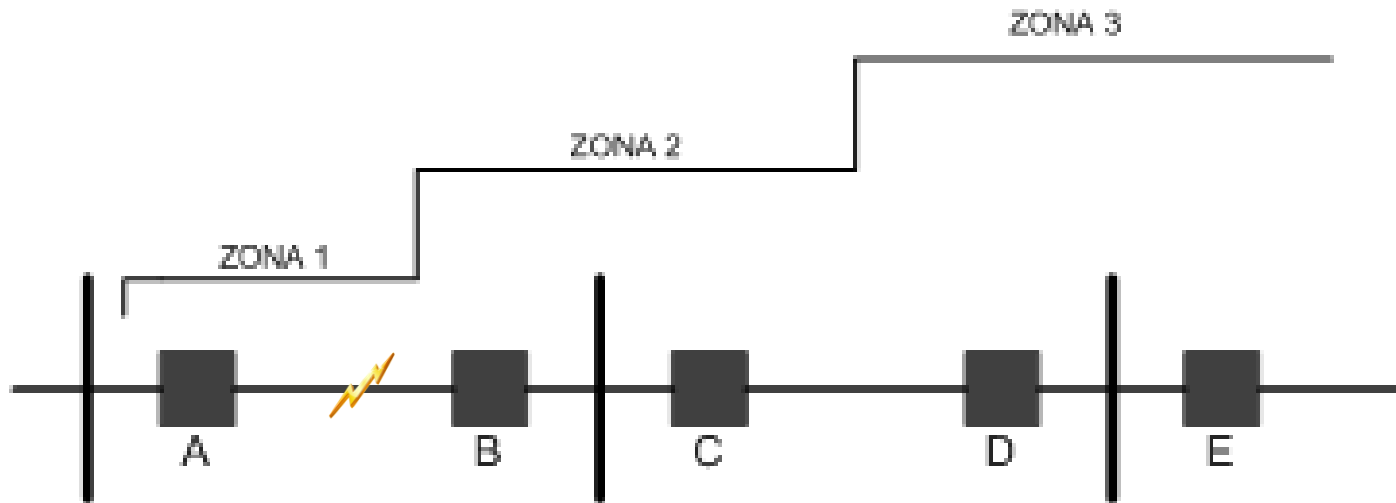


INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

1. Todos los elementos deben de quedar dentro de una zona de protección.
2. Las zonas se deben traslapar para que todo el sistema quede protegido y además se obtenga un respaldo remoto.

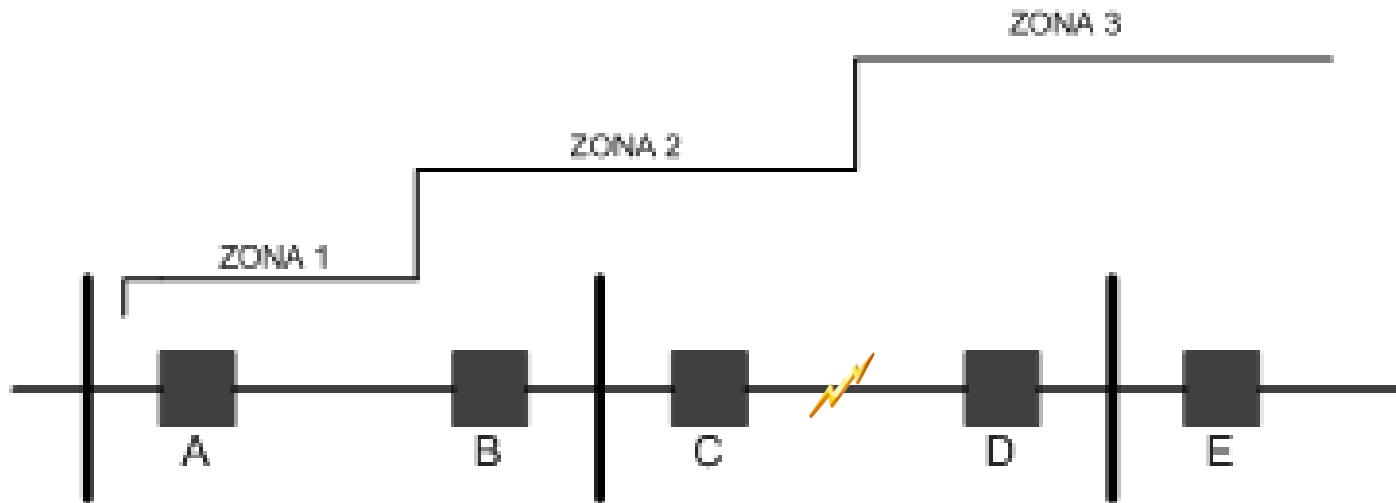


INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



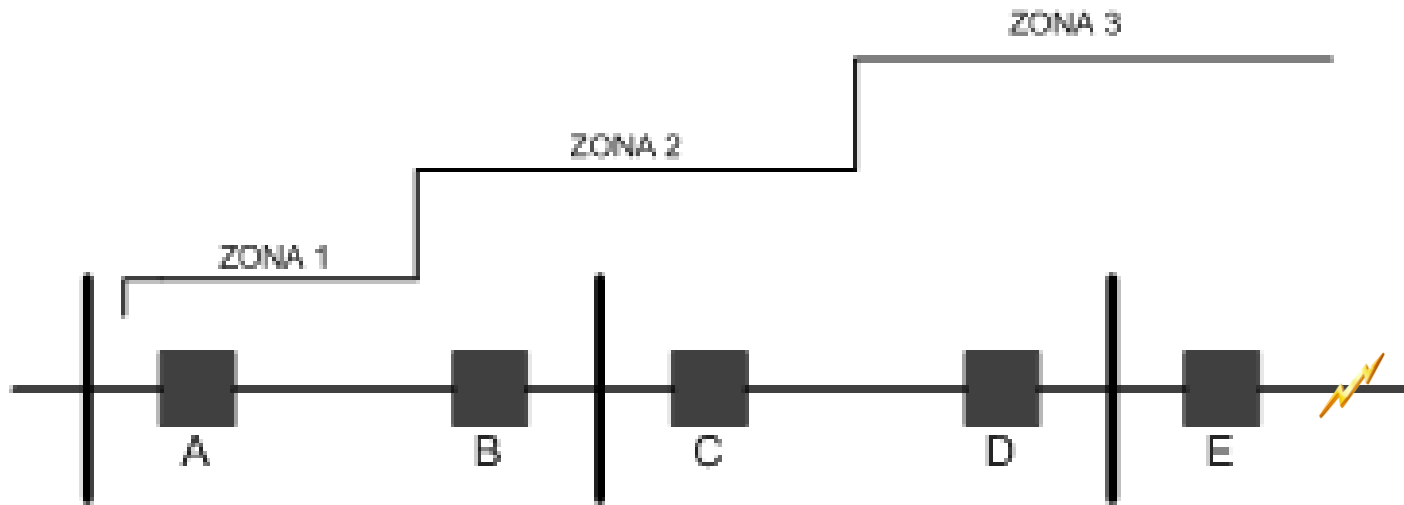
- La ZONA 1 para el breaker A lo abarca el 90% de la línea.
- El otro 10% de la línea lo protege el breaker B.
- Al presentarse la falla, el breaker A debe actuar inmediatamente (sin ningún tiempo de retardo) para aislar la falla.
- Al decir instantáneo, se refiere a que debe actuar en menos de 50ms (ó 3 ciclos de 60Hz)

INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



- La ZONA 2 para el breaker A lo abarca el 140% de la línea, de esta forma traslapa a la siguiente línea.
- Si una falla ocurre en la ZONA 2, el breaker A espera a que actúe el breaker C, si pasado unos milisegundos el breaker C no logra aislar la falla, entonces el breaker A actúa para aislar la falla.
- El tiempo de espera del breaker A es por lo general de 20 a 25 ciclos de 60 Hz (alrededor 400 ms).

INTRODUCCIÓN: RESPALDO REMOTO Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN



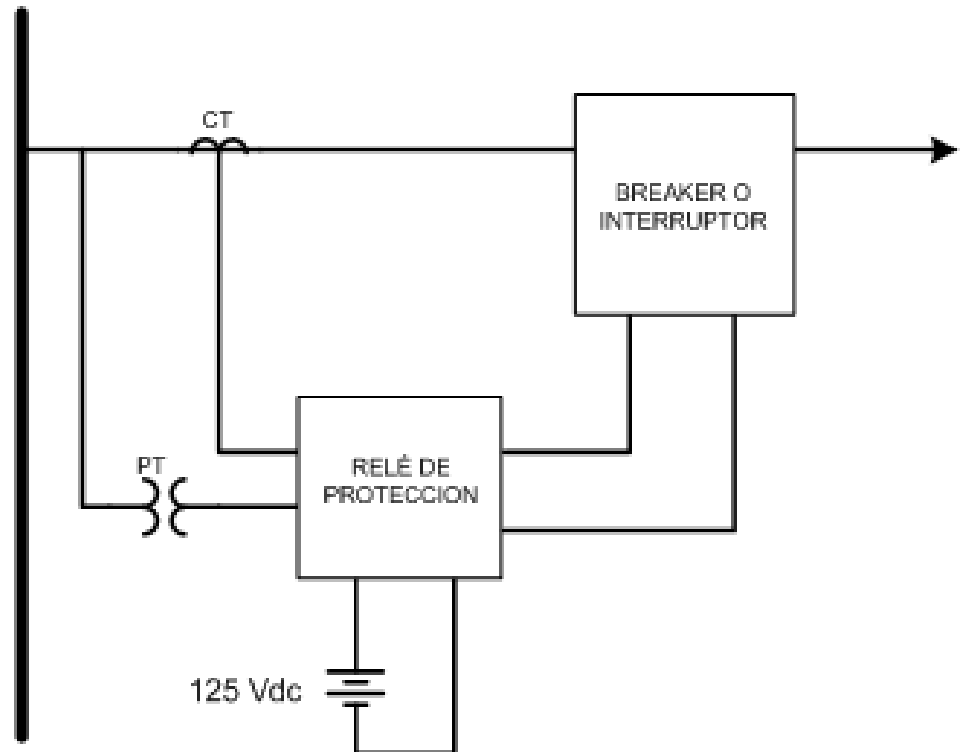
- La ZONA 3 para el breaker A lo abarca el 180% de la línea, de esta forma traslapa a la tercera línea.
- Si una falla ocurre en la ZONA 3, el breaker A espera a que actúe el breaker E o el breaker C, si pasado unos segundos los breakers E y C no logran aislar la falla, entonces el breaker A actúa para aislar la falla.
- El tiempo de espera del breaker A para la zona 3 es por lo general de 1 a 3 segundos.

INTRODUCCIÓN: COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

Los componentes básicos de un sistema de protección son:

- Sensores de corriente y voltaje (CT's y PT's)
- Relés de protección.
- Breakers.
- Baterías DC.
- La interconexión.

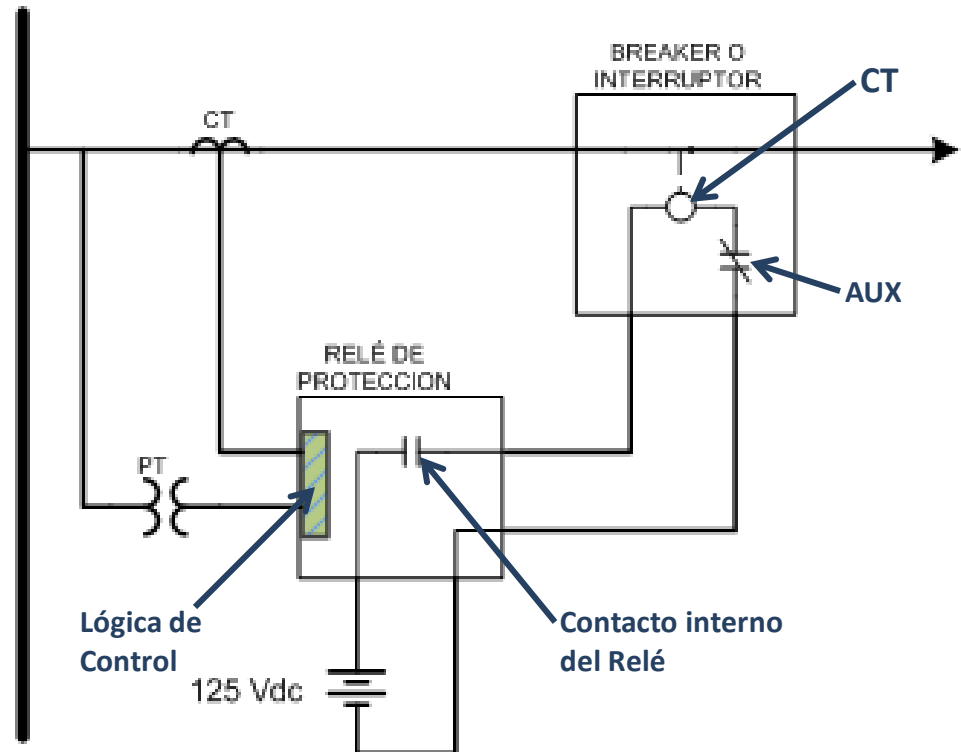
Todos los elementos son muy importante para la correcta operación de la protección.



INTRODUCCIÓN: COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

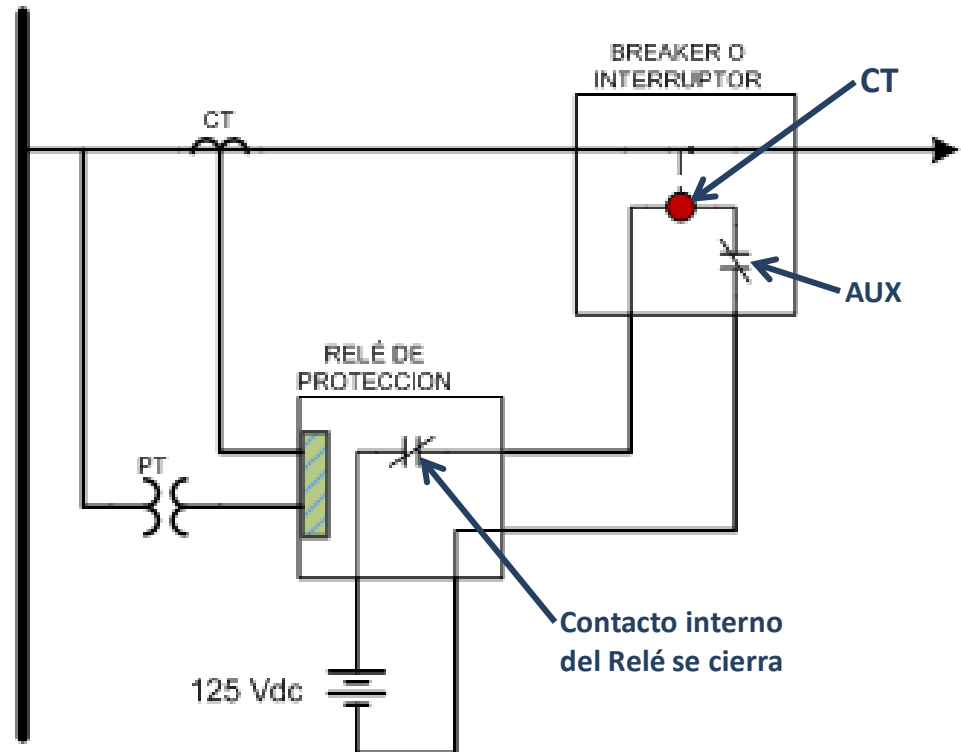
- CT = Coil Trip
- AUX = Contacto auxiliar dentro del breaker (Normalmente Cerrada)

Cuando el sistema funciona sin la presencia de falla, el contacto interno del relé de protección se encuentra abierto impidiendo el disparo del breaker.



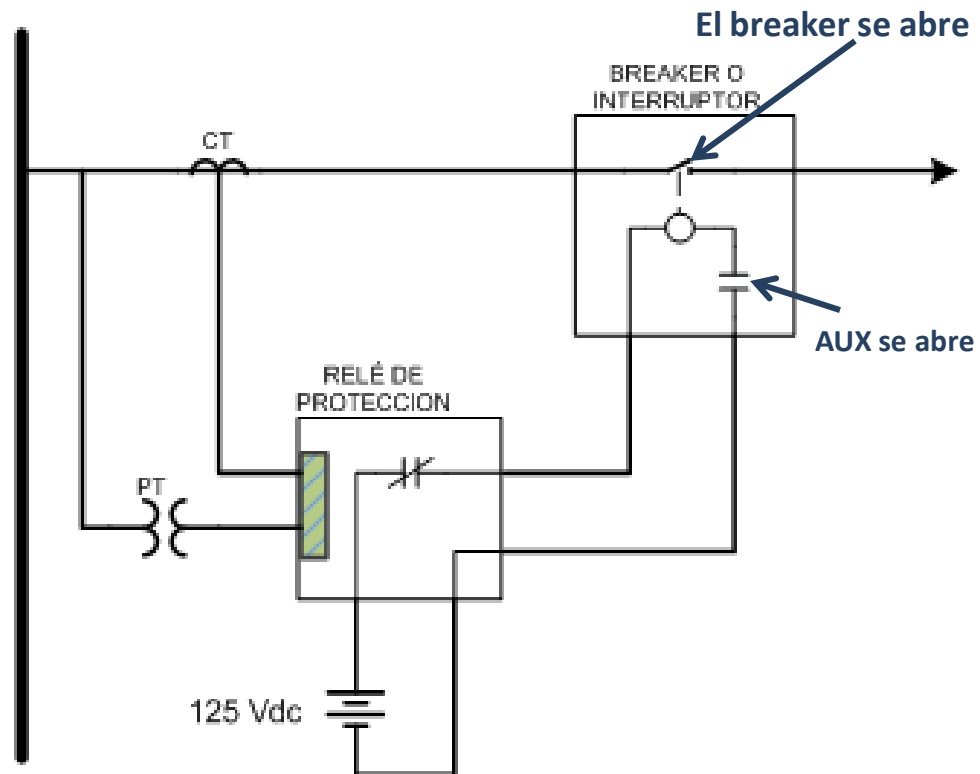
INTRODUCCIÓN: COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

Cuando se presenta una falla, el contacto interno del relé se cierra y hace que fluya una corriente en la bobina CT, la cual genera el disparo del breaker.



INTRODUCCIÓN: COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

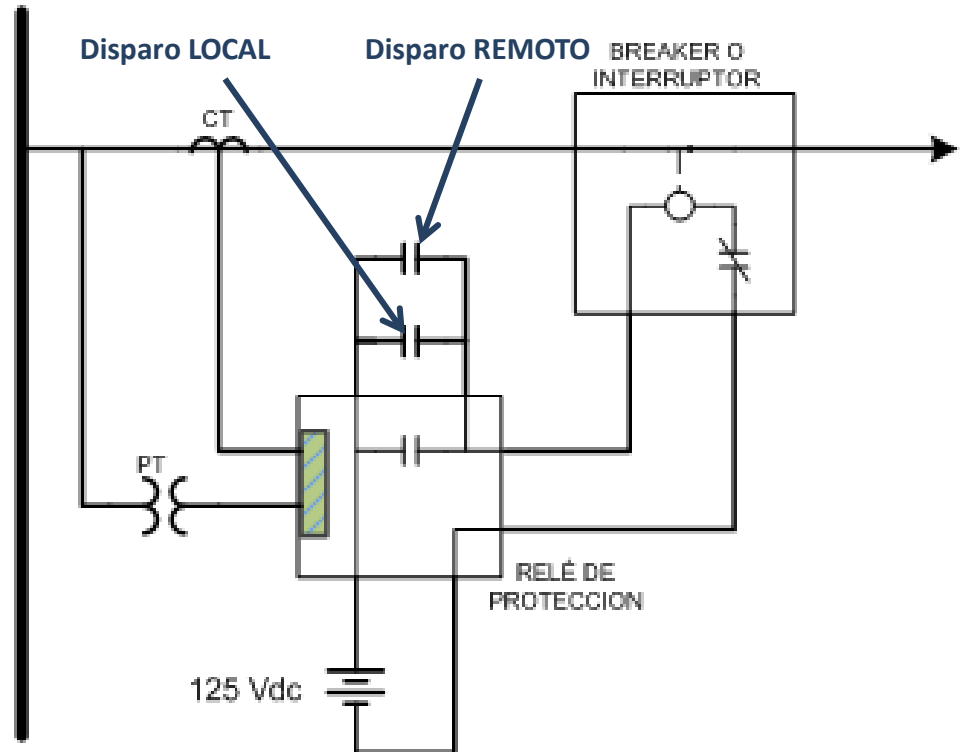
Cuando el breaker se dispara hace que el contacto AUX se sitúe en estado abierto, lo cual abre el circuito y corta el flujo de corriente, desenergizando la bobina CT.



INTRODUCCIÓN: COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

También es posible integrar en el relé un disparo LOCAL y un disparo REMOTO.

El funcionamiento del sistema ante un disparo LOCAL o REMOTO es semejante al anteriormente explicado.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: CT's Y PT's

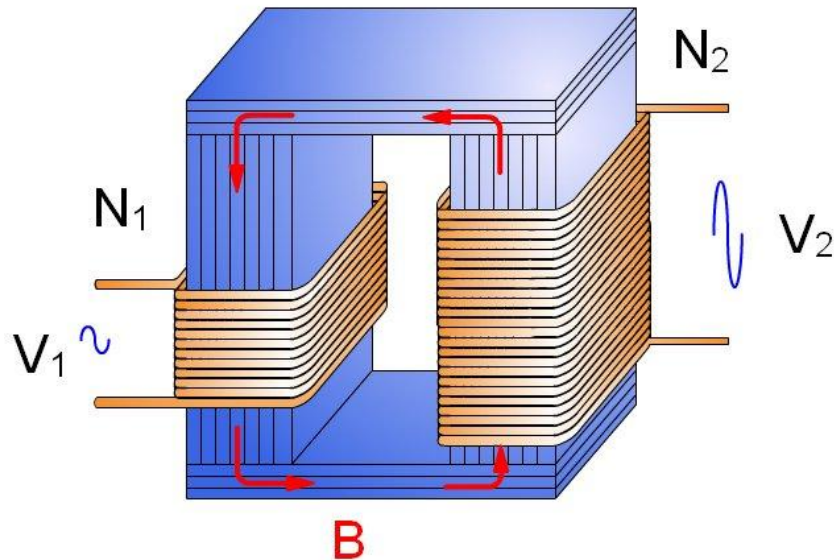
- ✓ CT: Transformadores de corriente (I)
- ✓ PT: Transformadores de Potencial (V)

A partir de las mediciones de voltaje y corriente se determinan las otras variables eléctricas como:

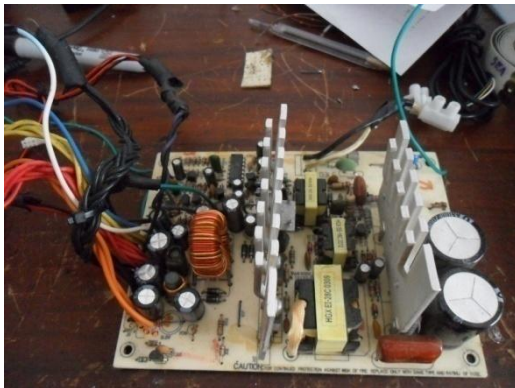
- ❖ Potencia $\rightarrow P = V \times I$
- ❖ Impedancia $\rightarrow Z = V / I$
- ❖ Admitancia $\rightarrow G = I / V$



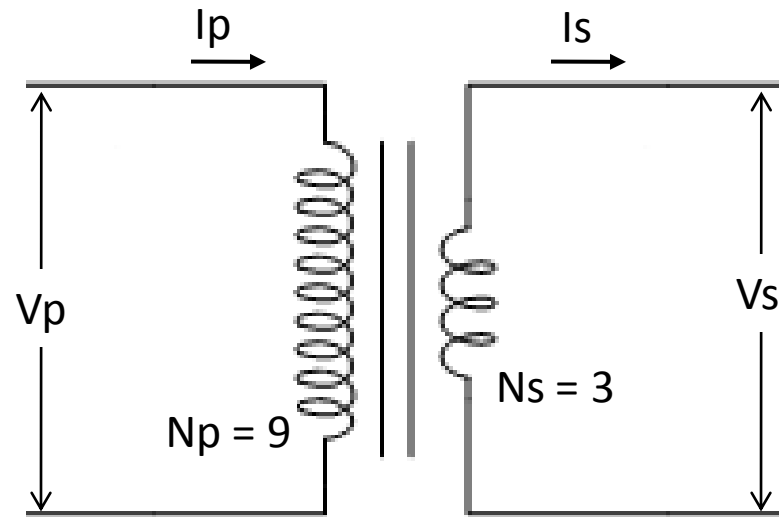
TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: ¿QUE ES UN TRANSFORMADOR?



Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia constante.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: ¿QUE ES UN TRANSFORMADOR?



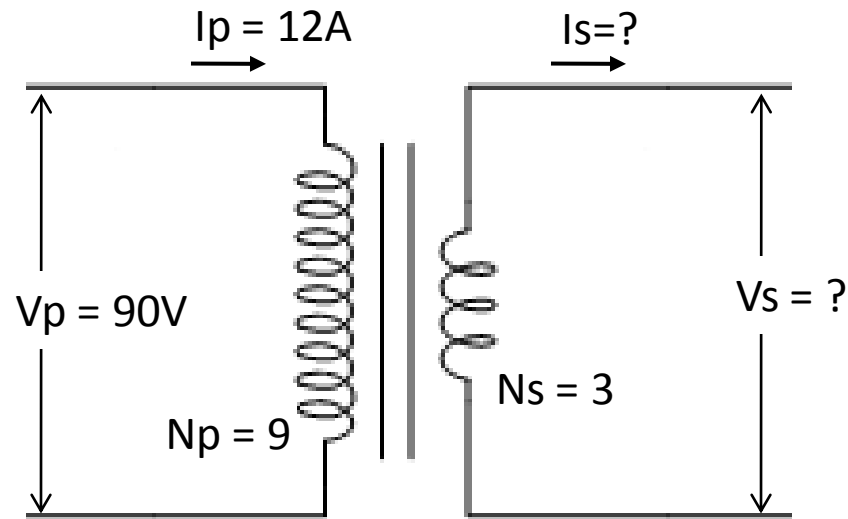
$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = m$$

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$m = \text{Factor de transformación}$

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: ¿QUE ES UN TRANSFORMADOR?



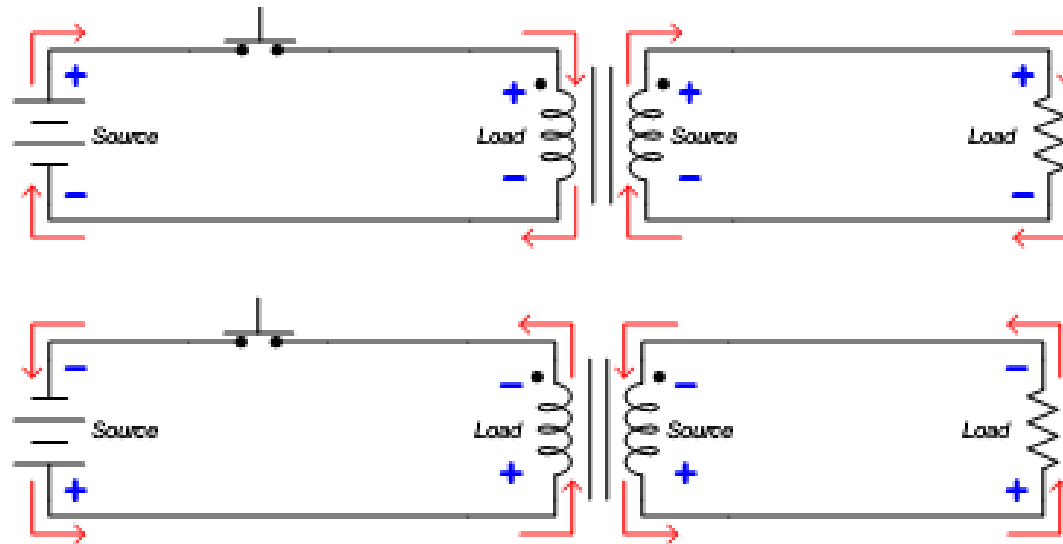
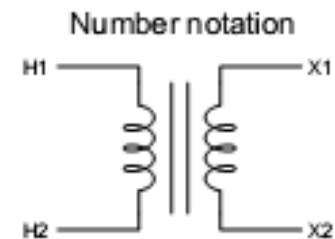
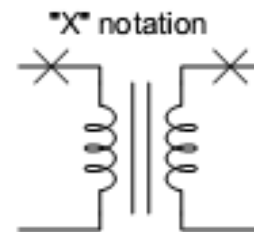
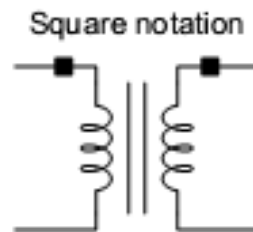
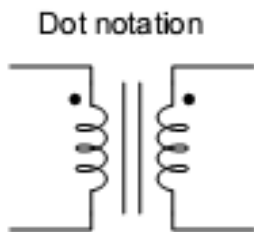
$$V_s = \frac{N_s}{N_p} \times V_p = \frac{3}{9} \times 90 = 30V$$

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \times I_p = \frac{9}{3} \times 12 = 36A$$

$$m = \frac{N_p}{N_s} = \frac{9}{3} = 3$$

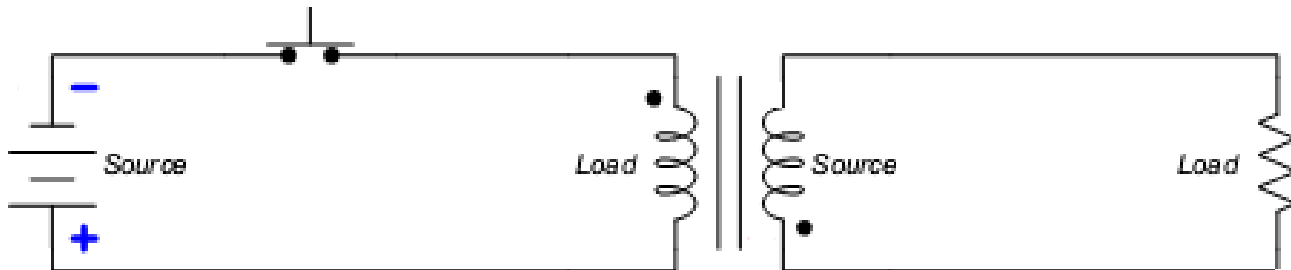
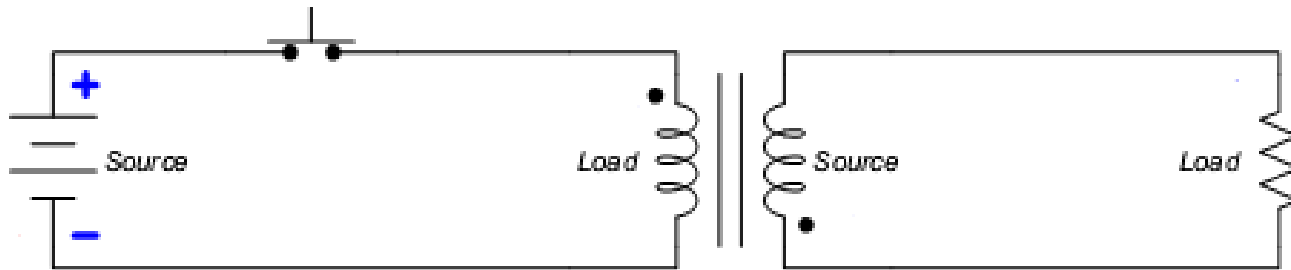
TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

POLARIDAD DE UN TRANSFORMADOR

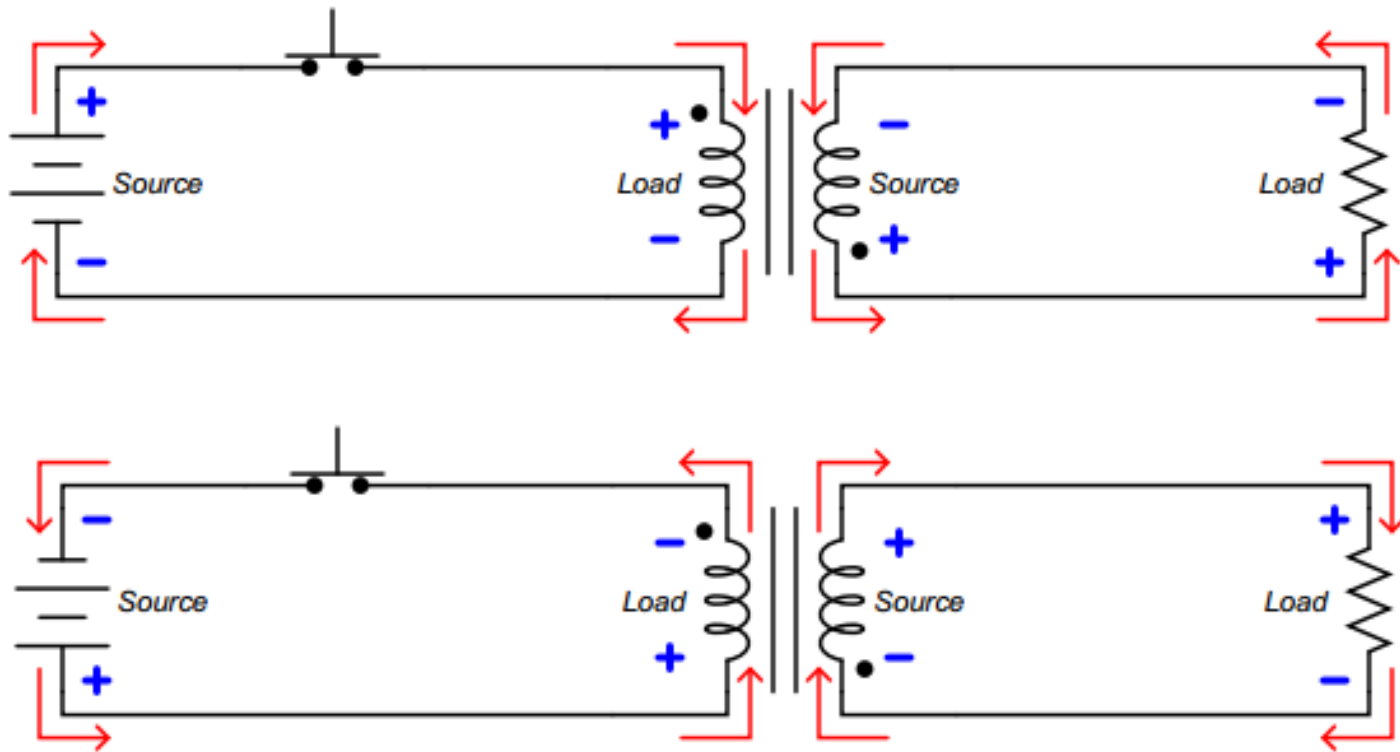


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

POLARIDAD DE UN TRANSFORMADOR

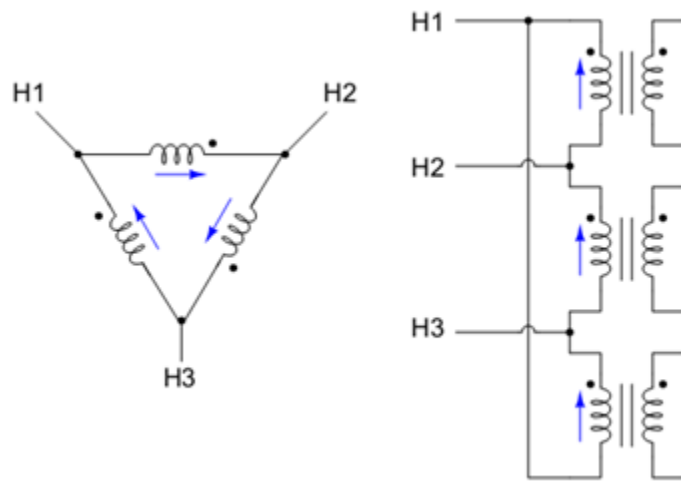


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: SOLUCIÓN

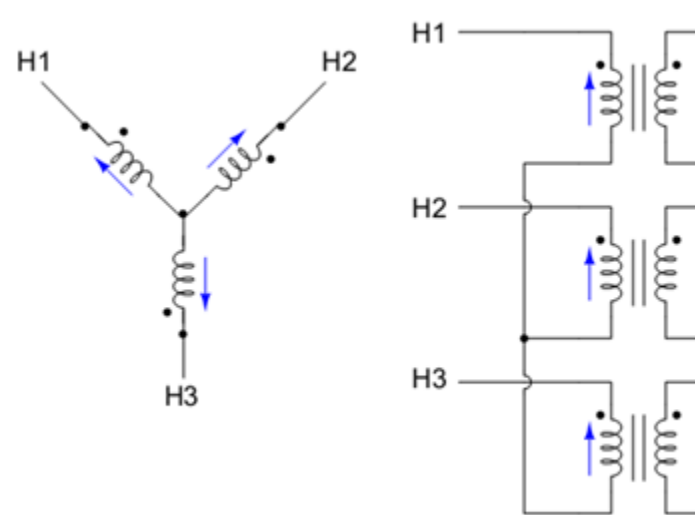


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: POLARIDAD DE UN TRANSFORMADOR

Los transformadores monofásicos se pueden conectar en forma de banco de transformadores trifásicos, ya sea en configuración Delta o configuración Y (Wye) como se muestra en las siguientes figuras, es muy importante tener en cuenta la correcta configuración de la polaridad de los transformadores para tener un sistema eléctrico simétrico.



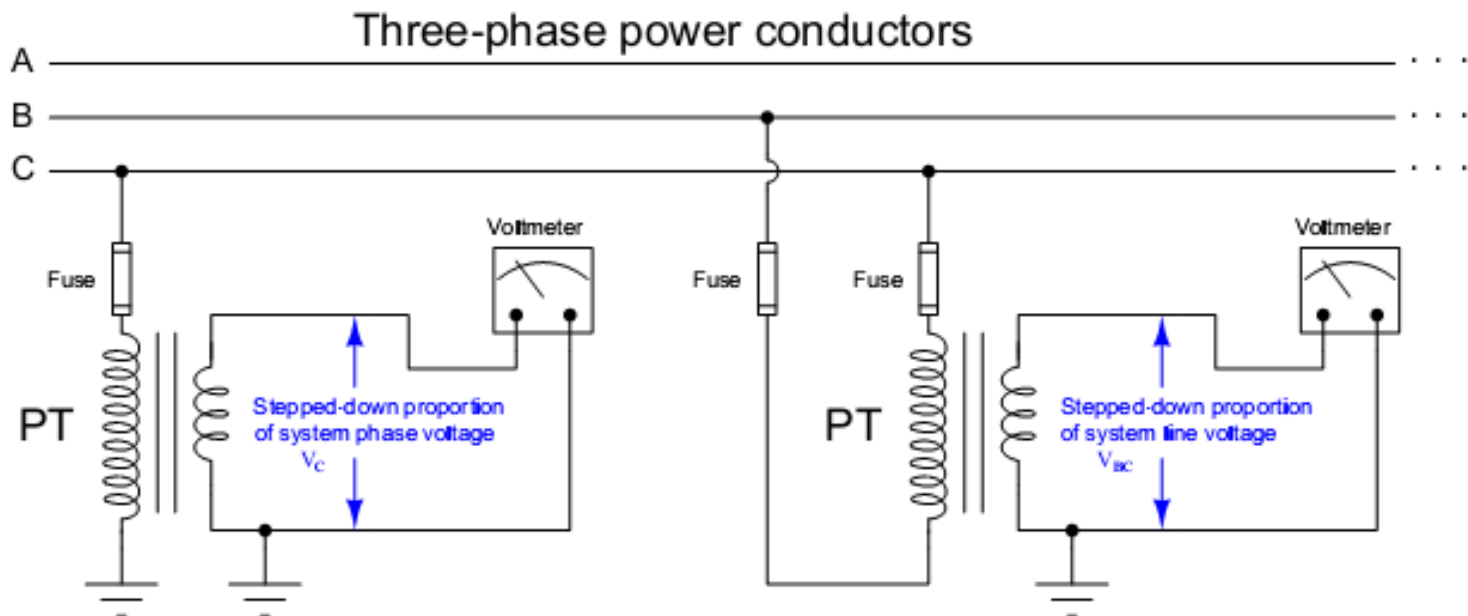
CONFIGURACIÓN DELTA



CONFIGURACIÓN Y (Wye)

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

Los PT's (también conocidos como VT's) son transformadores step-down que se utilizan para reducir y aislar eléctricamente los altos voltajes de las líneas a niveles de tensión seguros para instrumentos de control como relés y para el personal técnico.

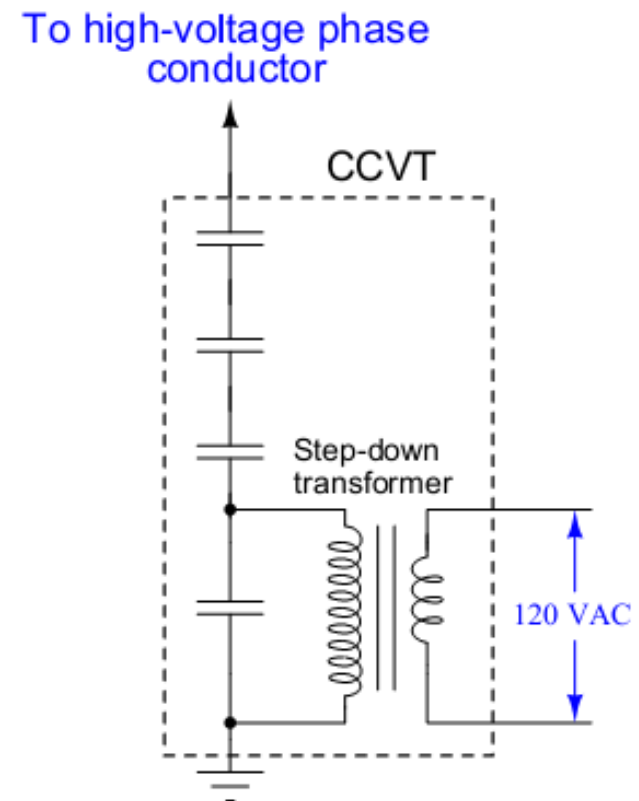


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

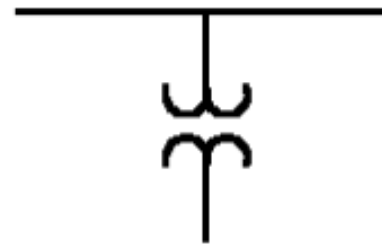
Existe un PT especial que se utiliza en sistemas de muy alto voltaje y se llaman CCVT (*capacitively-coupled voltage transformers*).

Este PT utiliza una red de capacitores como divisores de voltaje para disminuir la tensión de entrada aplicada a la bobina primaria del PT.

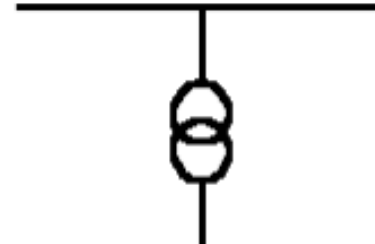


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

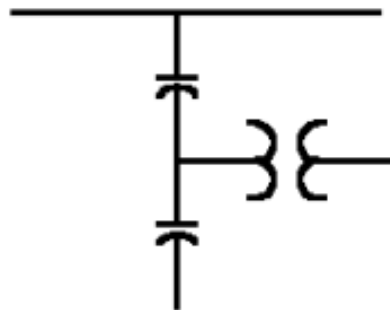
SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA



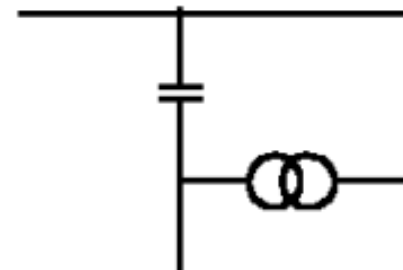
INDUCTIVO SEGÚN ANSI



INDUCTIVO SEGÚN IEC



CAPACITIVO SEGÚN ANSI



CAPACITIVO SEGUN IEC

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PT:

1. **TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT**
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

- Si el PT se conecta para medir voltaje entre fases, la tensión nominal del primario del PT debe ser igual al voltaje de la línea.
- Si el PT se conecta para medir voltaje entre fase y tierra, la tensión nominal del primario del PT debe ser igual $1/\sqrt{3}$ veces el voltaje de la línea.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PT:

1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

La tensión nominal del secundario de un PT solo tiene 4 opciones y depende de la norma que se utilice:

$$IEC = \frac{100}{\sqrt{3}} [V]$$

$$IEC = \frac{110}{\sqrt{3}} [V]$$

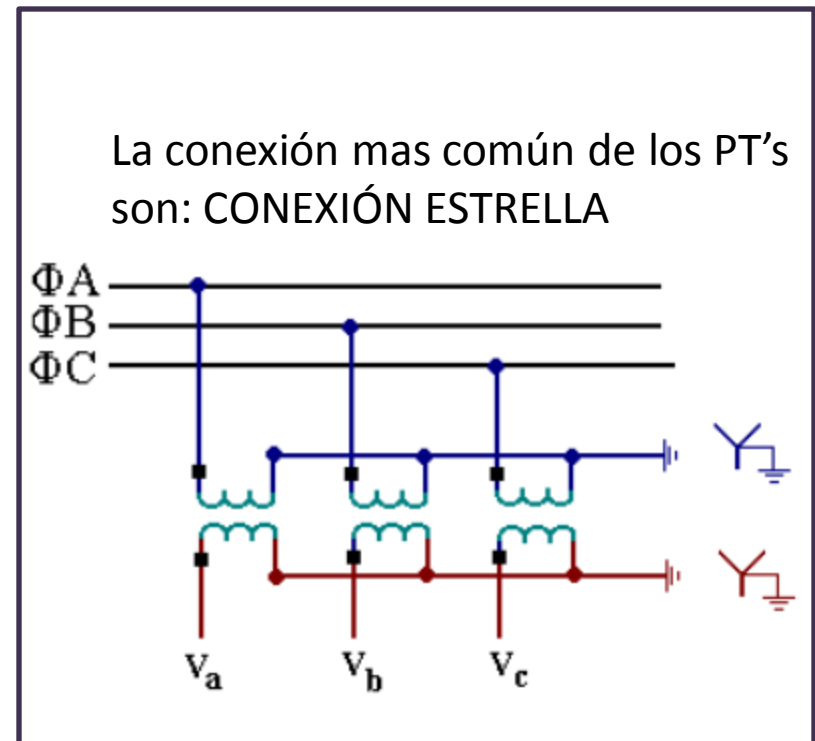
$$ANSI = \frac{120}{\sqrt{3}} [V]$$

$$ANSI = \frac{115}{\sqrt{3}} [V]$$

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

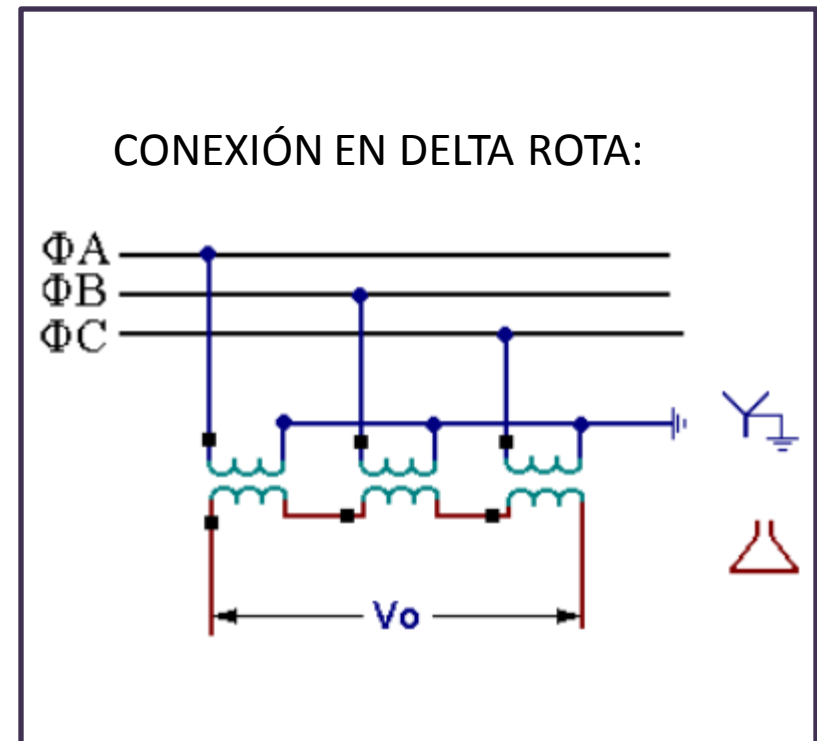
1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

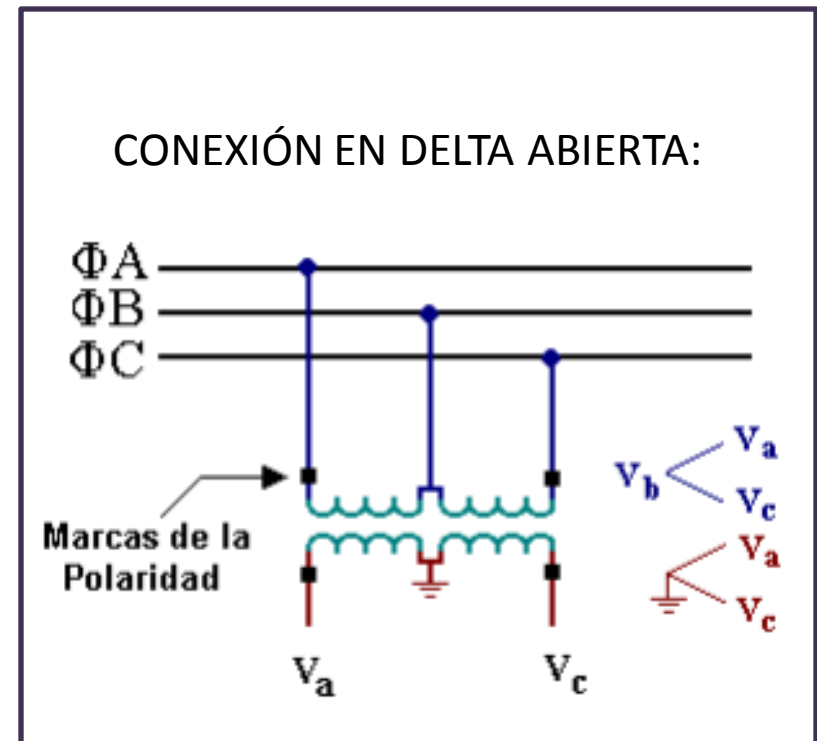
1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

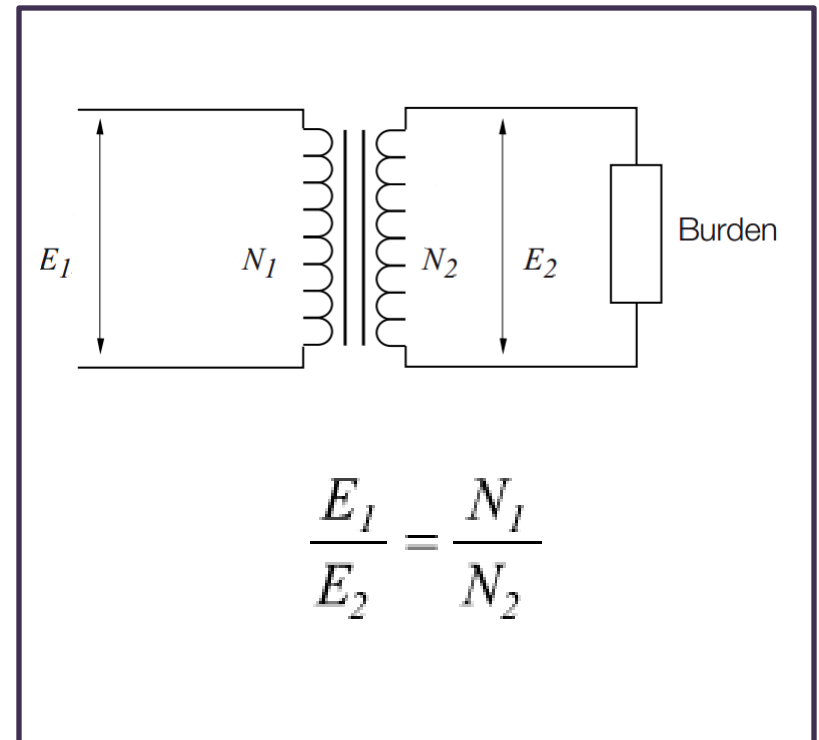
1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. **CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.**
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

1. TENSIÓN NOMINAL DEL

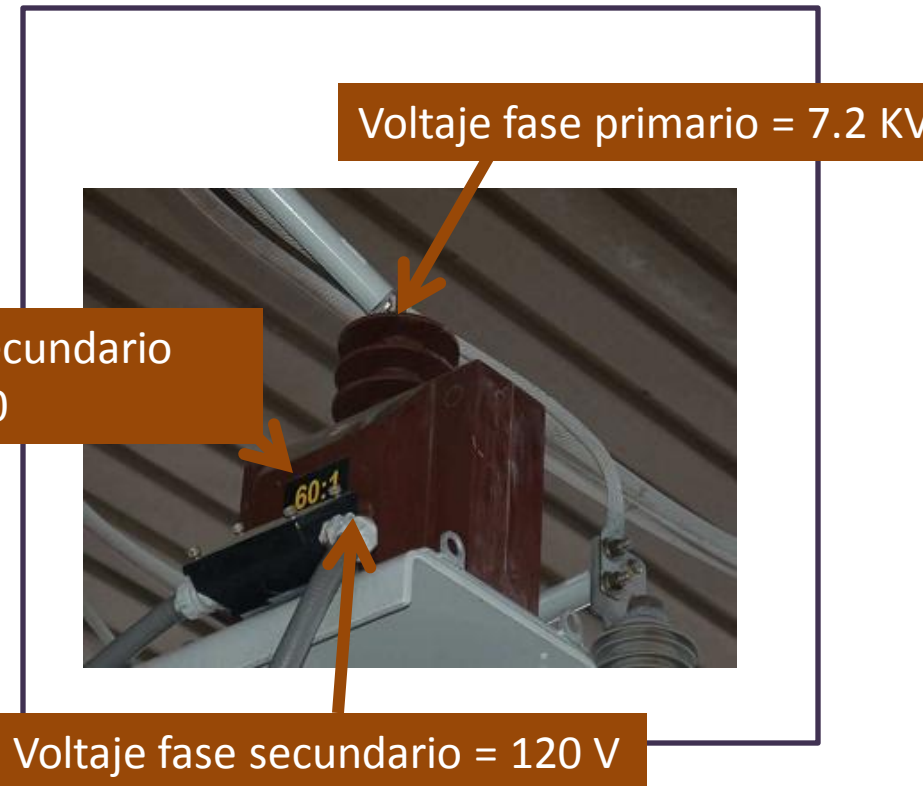
Relación de transformación = $V. \text{ primario} / V. \text{ secundario}$
Relación de transformación = $7.2\text{KV} / 120\text{V} = 60$

SECUNDARIO DEL PT

3. FORMA DE CONEXIÓN DEL
TRANSFORMADOR AL CIRCUITO

4. **CALCULO DE LA RELACIÓN DE
TRANSFORMACIÓN.**

5. BURDEN O CARGABILIDAD.

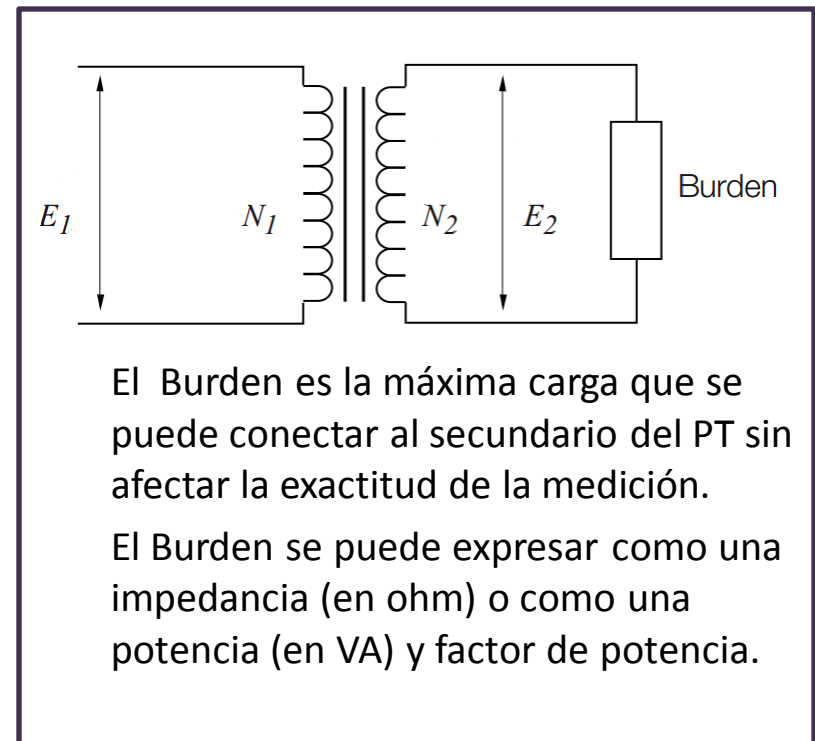


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PT:

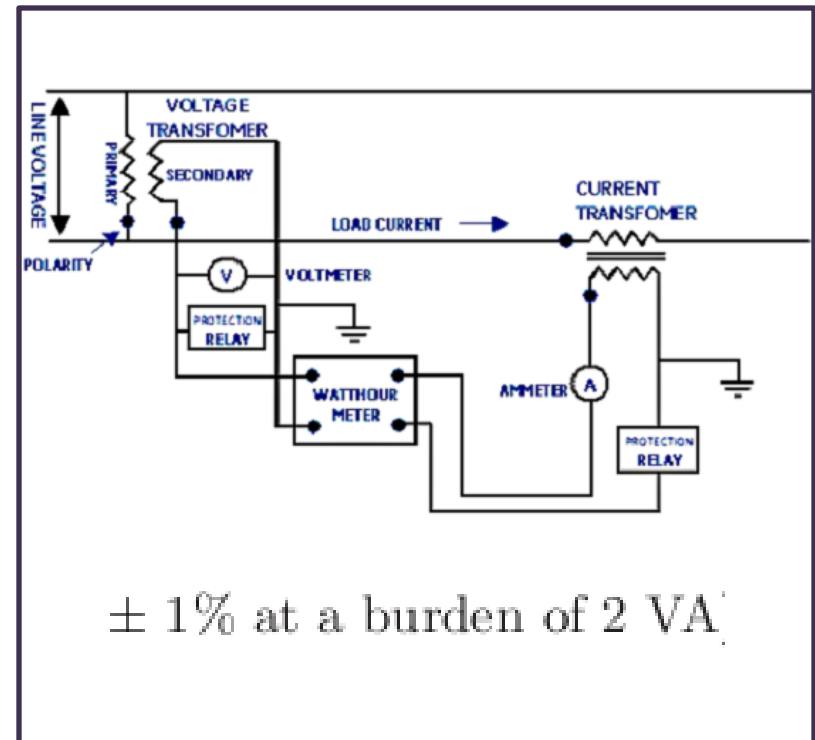
1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. **BURDEN O CARGABILIDAD.**



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN PT:

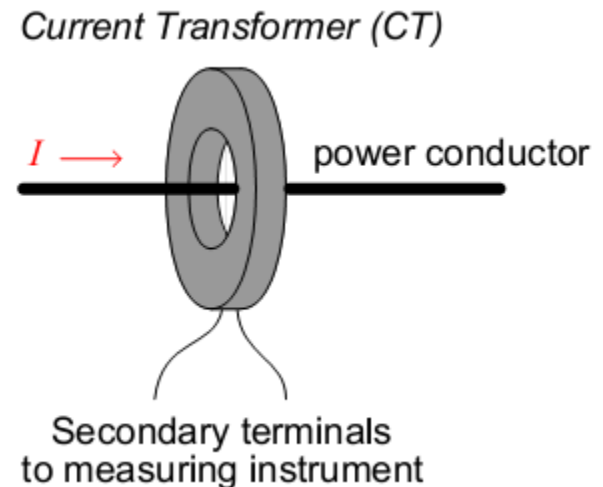
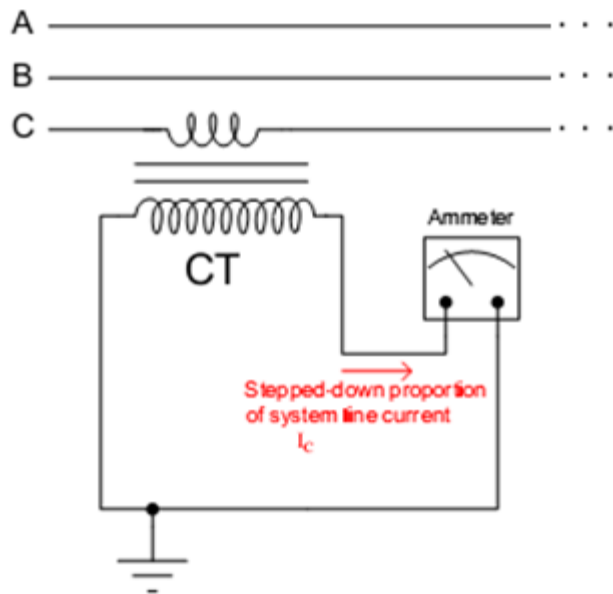
1. TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO DEL PT
2. TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL PT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. **BURDEN O CARGABILIDAD.**



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Los CT's son transformadores que se utilizan para reducir y aislar eléctricamente las altas corrientes de las líneas a niveles seguros para el personal técnico e instrumentos de control como los relés.

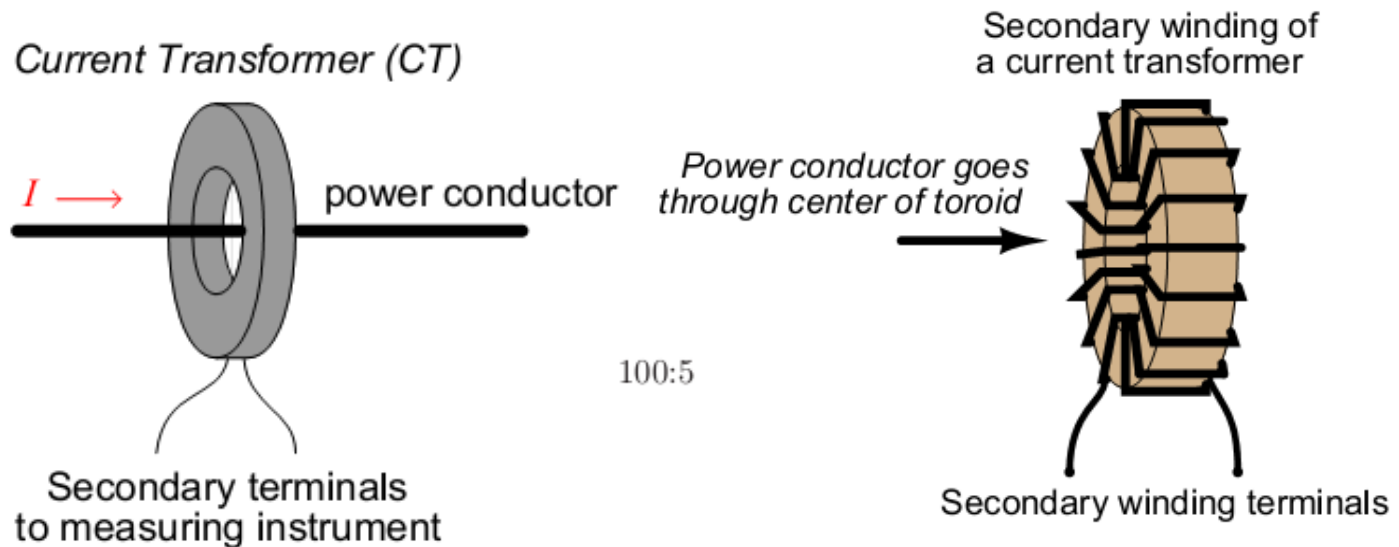


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Generalmente, un CT no tiene bobina primaria, en su lugar usa la propia línea de voltaje como su bobinado primario y como bobinado secundario tiene múltiples vueltas de alambre alrededor de un núcleo magnético toroide.

La relación de transformación entre las bobinas del CT se configuran de tal forma que se pueda obtener una corriente nominal en el bobinado secundario de 5 amperios, el cual es el valor de salida estándar de un CT.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CT:

1. **CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT**
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

Los valores normalizados suponiendo una corriente de 5 Amp en el secundario son:

ANSI: 10 – 15 – 25 – 40 – 50 – 75 – 100
– 200 – 300 – 400 – 800 – 1.200 – 1.600 –
2.000 – 3.000 – 4.000 – 5.000 – 6.000 –
8.000 – 12.000 Amperios.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. **CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT**
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

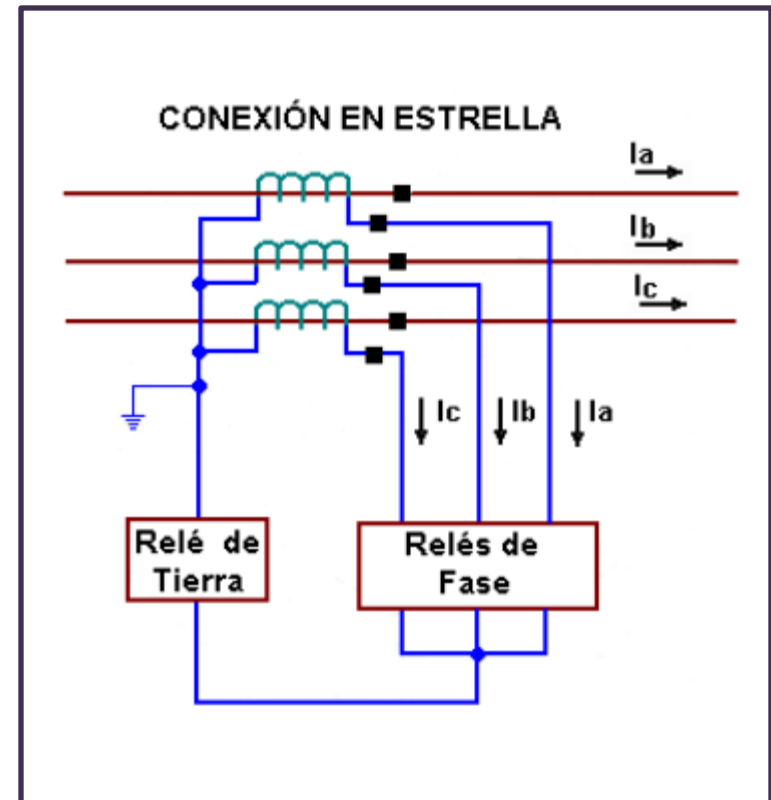
Los valores recomendados por la IEC para corriente nominal secundaria son 1, 2 y 5 A pero el preferido es 5 amperios.

El valor normalizado por la ANSI es 5 amperios.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN CT:

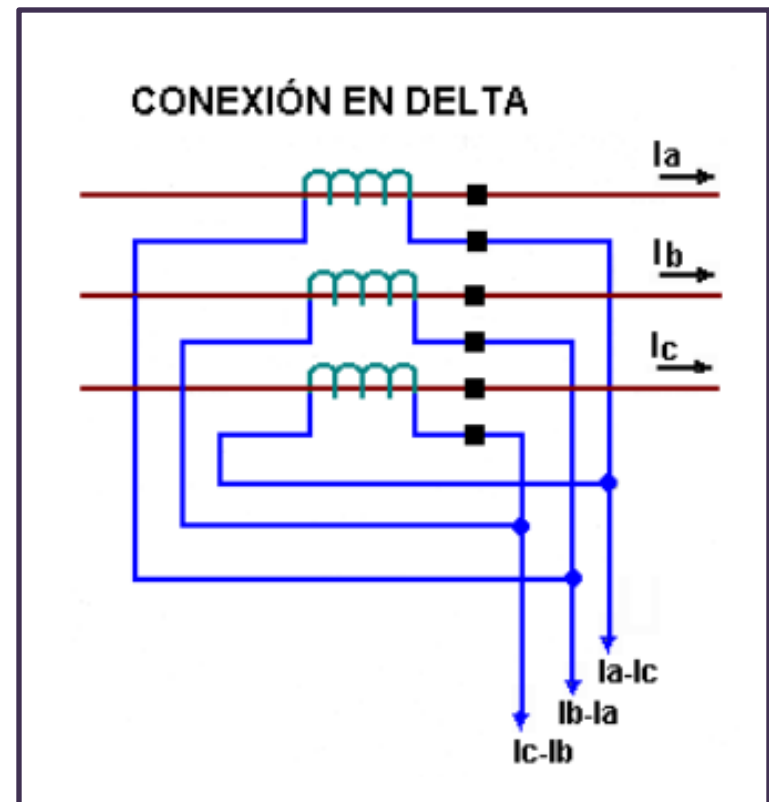
1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN
DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.

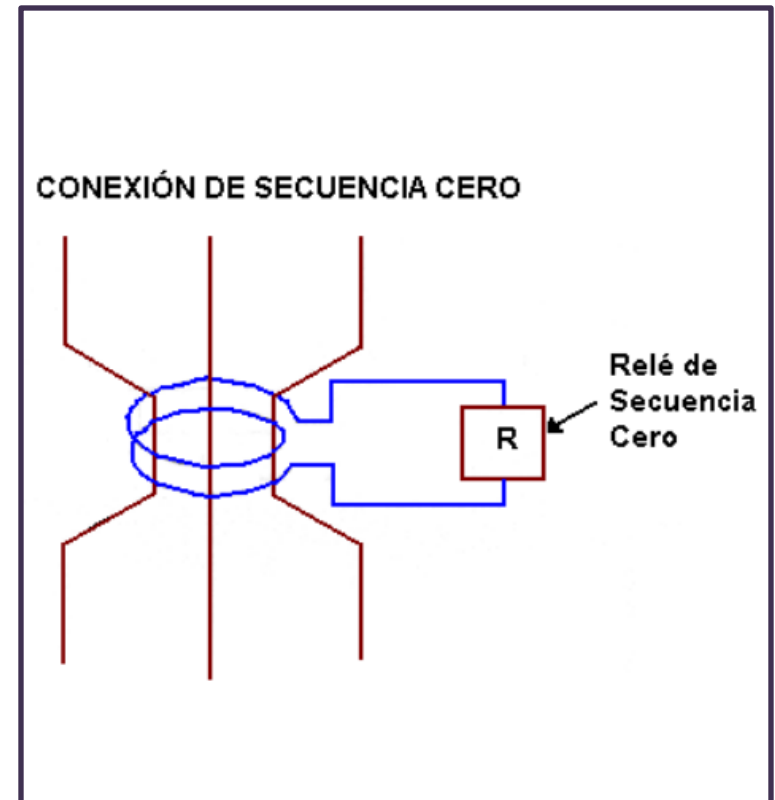


TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. **FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO**
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. **RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.**
5. BURDEN O CARGABILIDAD.



TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN:

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CT:

1. CORRIENTE NOMINAL DEL PRIMARIO DEL CT
2. CORRIENTE NOMINAL DEL SECUNDARIO DEL CT
3. FORMA DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AL CIRCUITO
4. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.
5. **BURDEN O CARGABILIDAD.**



El Burden es la máxima carga que se puede conectar al secundario del PT sin afectar la exactitud de la medición.

El Burden se puede expresar como una impedancia (en ohm) o como una potencia (en VA) y factor de potencia.

INTERRUPTORES DE POTENCIA O BREAKERS.

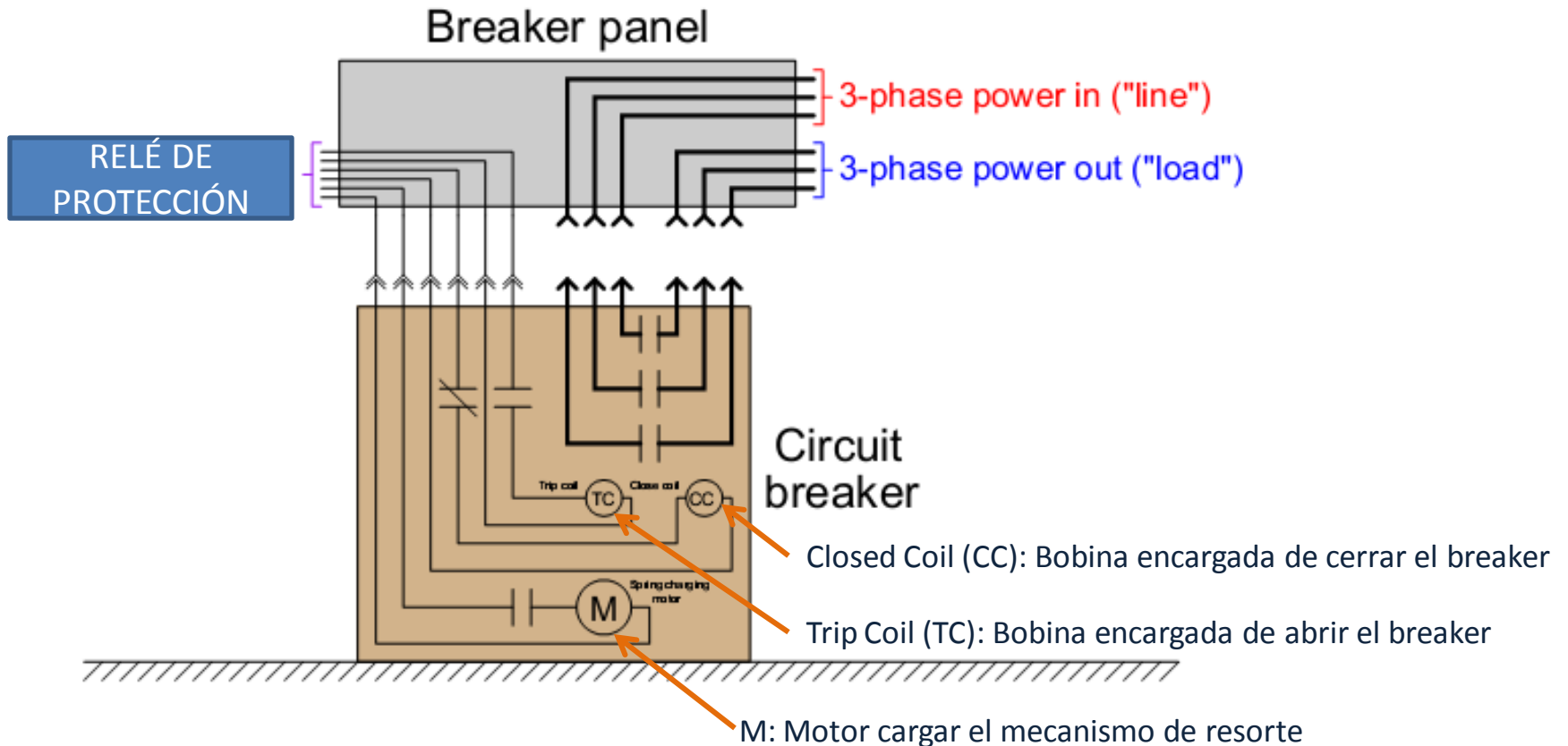
Los interruptores de potencia o Circuit Breakers son los elementos finales de control del sistema eléctrico de potencia.

Ellos son dispositivos On/Off (como los interruptor de luz caseros) que se encargan de cortar la energía eléctrica de las líneas cuando ocurre una falla.

Están diseñados para soportar los altos voltajes y corrientes que manejan las líneas de tensión, además tienen técnicas para extinguir rápidamente los arcos eléctricos.



INTERRUPTORES DE POTENCIA O BREAKERS.



INTERRUPTORES DE POTENCIA O BREAKERS.

MEDIA TENSIÓN



ALTA TENSIÓN



INTERRUPTORES DE POTENCIA O BREAKERS.

Uno de los temas mas críticos para un breaker es extinguir rápidamente el arco eléctrico que se crea en el momento de abrir la línea.

En breakers de bajo voltaje solo es necesario dejar una distancia suficiente entre los contactos y abrir rápidamente el circuito para que el arco se extinga en fracciones de segundo.

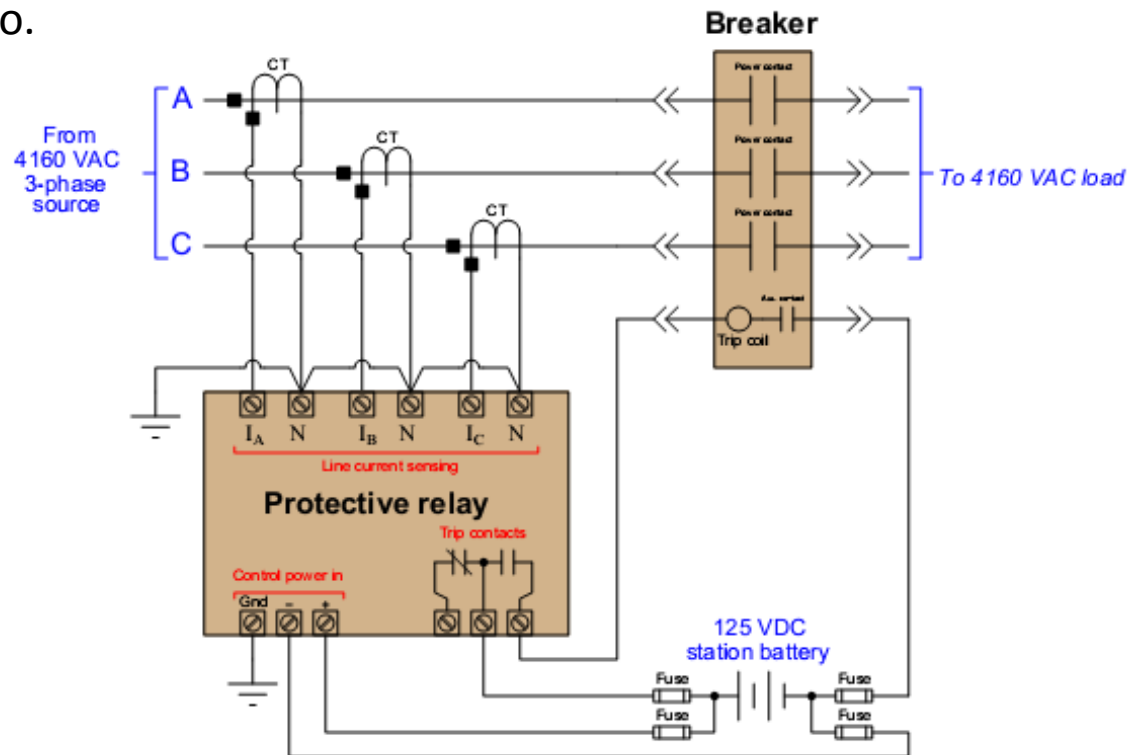
Ver videos

Sin embargo, en breaker de medio y alto voltaje se requieren de otras técnicas para poder extinguir el arco eléctrico: supresores arcos barras, inyecciones de gas o aire, intercambiadores de vacio, sumergir los contactos en un baño aceite dieléctrico o un gas llamado SF₆ (Hexafloruro de Azufre)

RELÉS DE PROTECCIÓN

Son los elementos encargados de detectar (tomando como referencia las medidas de los PT's y CT's) las condiciones de falla de un sistema eléctrico y entonces ejercer el control sobre circuit breaker para abrir o cerrar la línea de tensión con el propósito de proteger la integridad del sistema de potencia.

Existe una gran variedad de tipos de relés y clases de protecciones a partir de su funcionamiento.



RELÉS DE PROTECCIÓN:

CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN.

Por sus funciones definidas en IEEE C37.90

- **Protección** – Detecta condiciones intolerables y aparatos defectuosos.
- **Monitoreo** – Verifica condiciones de las protecciones y/o del sistema de potencia.
- **Recierre** – Establece secuencias de cierre para el interruptor posterior a la operación de una protección.
- **Regulación** – Opera para mantener parámetros operativos dentro de una región definida.
- **Auxiliar** – Opera en respuesta a la acción de otro (relevador) proporcionando funcionalidad adicional.
- **Sincronización** – Asegura que adecuadas condiciones existen para interconectar dos secciones del sistema de potencia.

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN.

Por su entrada

- Corriente
- Voltaje
- Potencia
- Frecuencia
- Temperatura
- Presión
- Flujo
- Vibración

Por sus características de operación

- Sobrecorriente
- Sobre/Bajo voltaje
- Distancia
- Direccional
- Tiempo inverso, tiempo definido
- Fases / Tierra
- Alta o Baja velocidad
- Corriente diferencial
- Comparación de fase
- Comparación direccional

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Por la tecnología

- Electromecánicos
- Estado Sólido (Estáticos)
- Basados en Microprocesadores (Digitales/Numéricos)

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CARACTERÍSTICAS DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Corriente Pick-up

Es el nivel de corriente mínimo a la cual la protección empieza a operar.

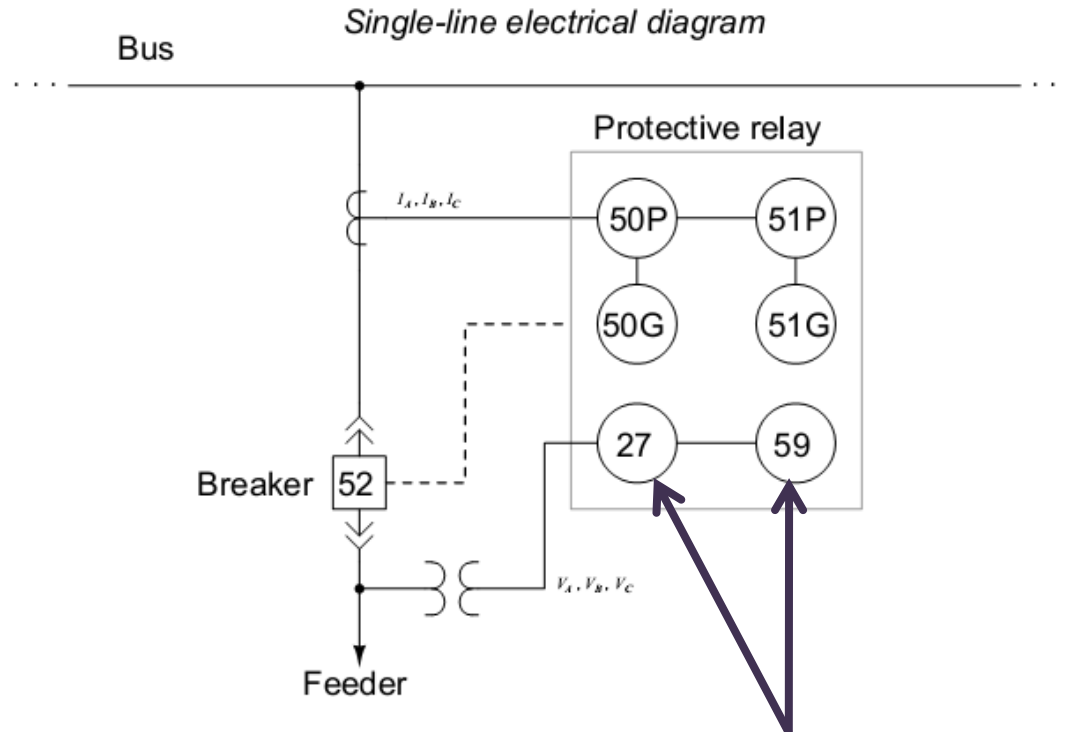
Burden

Es el nivel de carga que el relé le impone a los transformadores de instrumentación (PT 's y CT's).

Normalmente se expresa en VA y en otras ocasiones en Ohm.

Para relés electromecánicos el Burden por lo general es de 3VA y para relés digitales puede ser mucho menor.

RELÉS DE PROTECCIÓN: CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE



Un número para cada función con su apropiado prefijo o sufijo donde sea necesario, es usado para identificar la función de cada aparato en todo tipo de instalaciones de protecciones.

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

21. Distancia (G, T, R, L, F)

24. volts/hertz o sobreexcitación (G, T)

25. Aparato de sincronización o verificación de sincronismo

27. Bajo voltaje (G, L, F, C, M)

32. Potencia Inversa (G, F)

37. Baja Corriente o Baja Potencia (G)

40. Pérdida de excitación (G)

46. Secuencia Negativa (G, T, L, F)

49. Térmico (T, R, M)

- G: Generador
- T: Transformador
- R: Reactor
- B: Bus
- L: Línea (de Transmisión o Subtransmisión)
- F: Alimentador (Línea de distribución)
- C: Capacitor
- M: Motor

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

- 50. Sobrecorriente instantáneo (G, T, R, B, L, F, C, M)
- 51. Sobrecorriente temporizado (G, T, R, B, L, F, C, M)
- 52. Interruptor
 - 52a Contacto normalmente abierto
 - 52b Contacto normalmente cerrado
- 59. Sobrevoltaje (G, T, R, B, L, F, C, M)
- 60. Desbalance de voltaje (falla - fusibles)
- 62. Temporizador al inicio o al final
 - Falla Interruptor
- 63. Presión súbita (T, R)
- 64. Falla a tierra restringida (G, T, R)
- 67. Direccional de Sobrecorriente (T, R, L, F)

- G: Generador
- T: Transformador
- R: Reactor
- B: Bus
- L: Línea (de Transmisión o Subtransmisión)
- F: Alimentador (Línea de distribución)
- C: Capacitor
- M: Motor

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

- 78. Fuera de Paso (G, L)
- 79. Recierre (L, F)
- 81. Frecuencia (G, T, B, L, F)
- 85. Señal portadora, hilo piloto
 - 85CO sistema piloto switcheo cut off (o disponible)
- 86. Bloqueo
 - 86B Bloqueo de bus
- 87. diferencial (G, T, R, B, L, F, C, M)
 - 87T diferencial de transformador
- 89. Desconectador de línea
 - 89b stub bus (desconectador de línea abierto)

- G: Generador
- T: Transformador
- R: Reactor
- B: Bus
- L: Línea (de Transmisión o Subtransmisión)
- F: Alimentador (Línea de distribución)
- C: Capacitor
- M: Motor

RELÉS DE PROTECCIÓN:

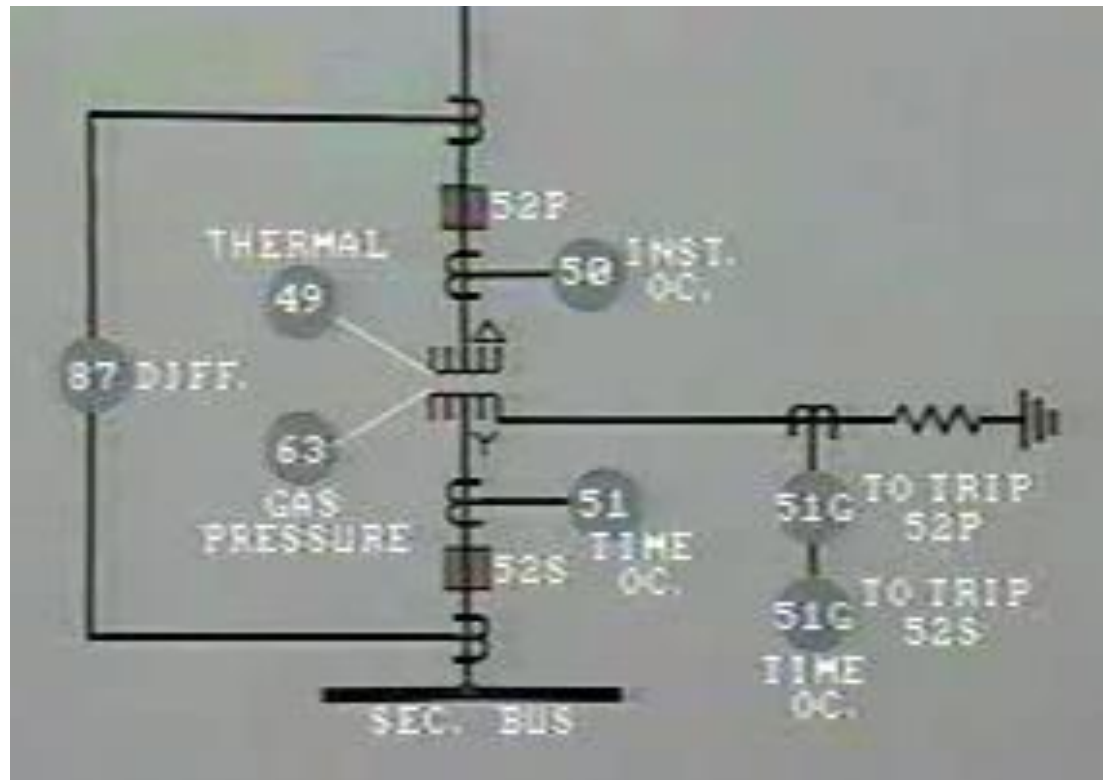
CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

- 78. Fuera de Paso (G, L)
- 79. Recierre (L, F)
- 81. Frecuencia (G, T, B, L, F)
- 85. Señal portadora, hilo piloto
 - 85CO sistema piloto switcheo cut off (o disponible)
- 86. Bloqueo
 - 86B Bloqueo de bus
- 87. diferencial (G, T, R, B, L, F, C, M)
 - 87T diferencial de transformador
- 89. Desconectador de línea
 - 89b stub bus (desconectador de línea abierto)

- G: Generador
- T: Transformador
- R: Reactor
- B: Bus
- L: Línea (de Transmisión o Subtransmisión)
- F: Alimentador (Línea de distribución)
- C: Capacitor
- M: Motor

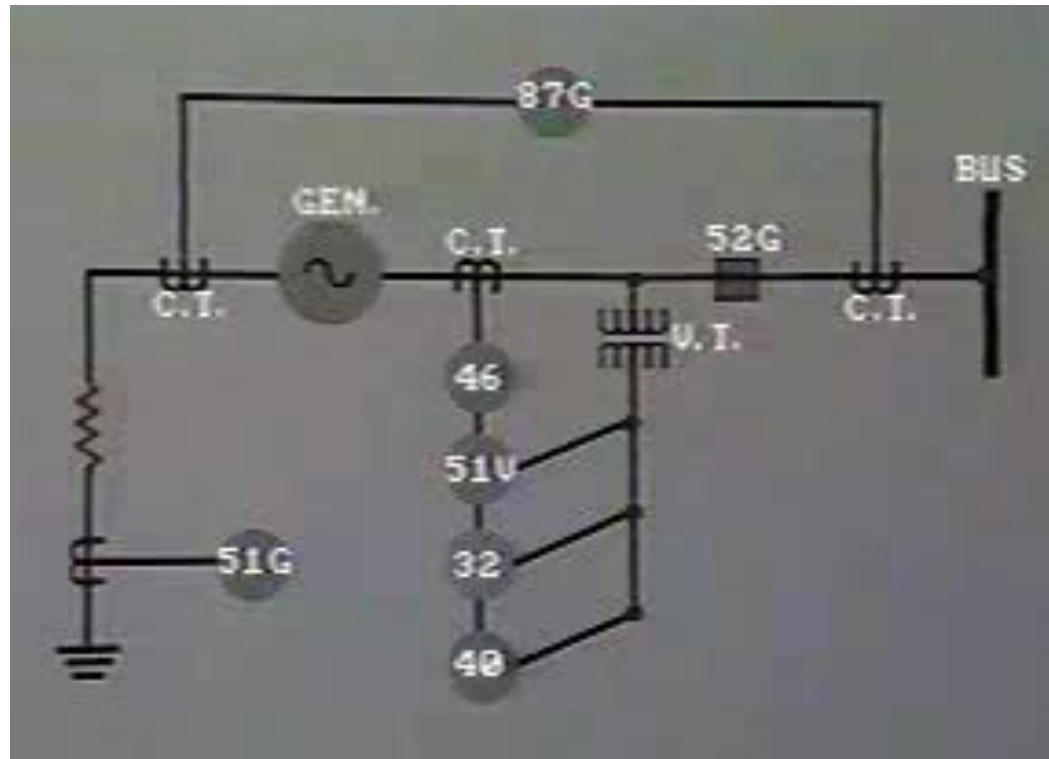
RELÉS DE PROTECCIÓN: CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

Ejemplo de protección de un transformador



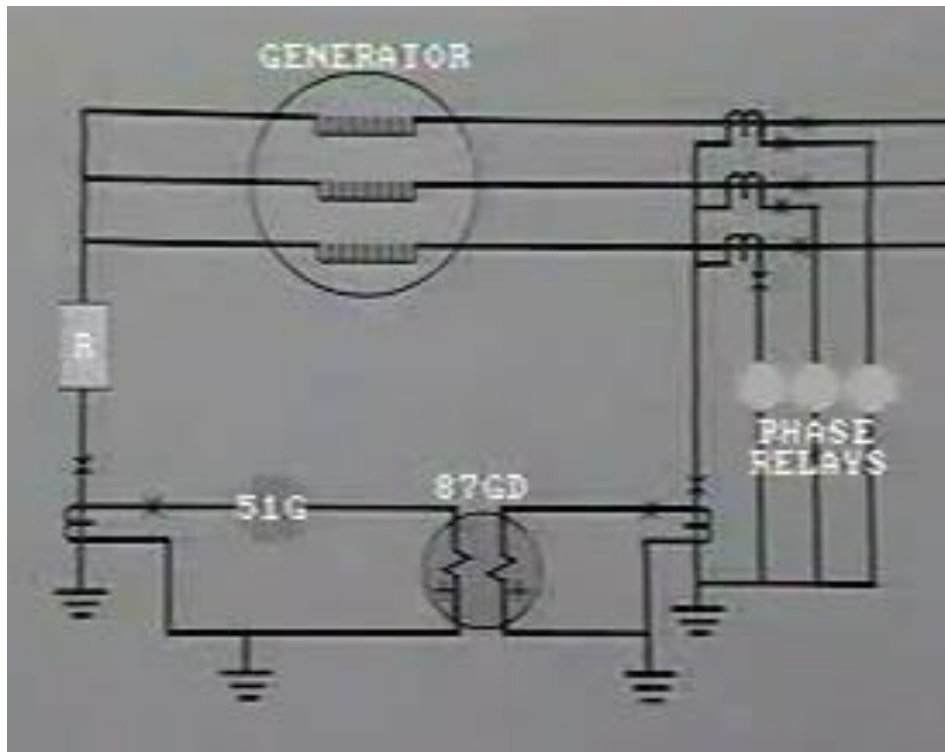
RELÉS DE PROTECCIÓN: CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

Ejemplo de protección de un generador



RELÉS DE PROTECCIÓN: CÓDIGOS DE PROTECCIÓN SEGÚN ANSI/IEEE

Ejemplo de protección de un generador en un diagrama trifásico



RELÉS DE PROTECCIÓN:

PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN

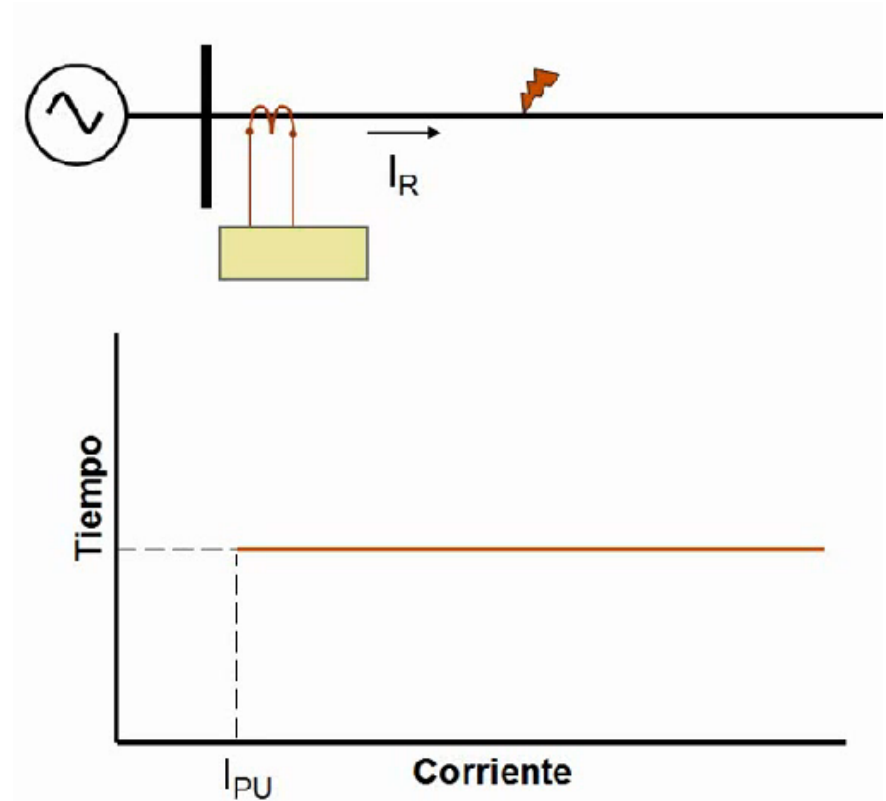
- Sobrecorriente de tiempo definido
- Sobrecorriente de tiempo inverso
- Direccional
- Distancia
- Diferencial
- Comparación de Fase
- Comparación Direccional

RELÉS DE PROTECCIÓN: SOBRECORRIENTE DE TIEMPO DEFINIDO(50)

Es la mas básica y la mas empleada.

El relé abre el Breaker cuando la corriente de la línea sobrepasa el valor de la corriente de “pickup” de forma instantánea.

Esta protección es designada por la ANSI/IEEE con el numero 50.

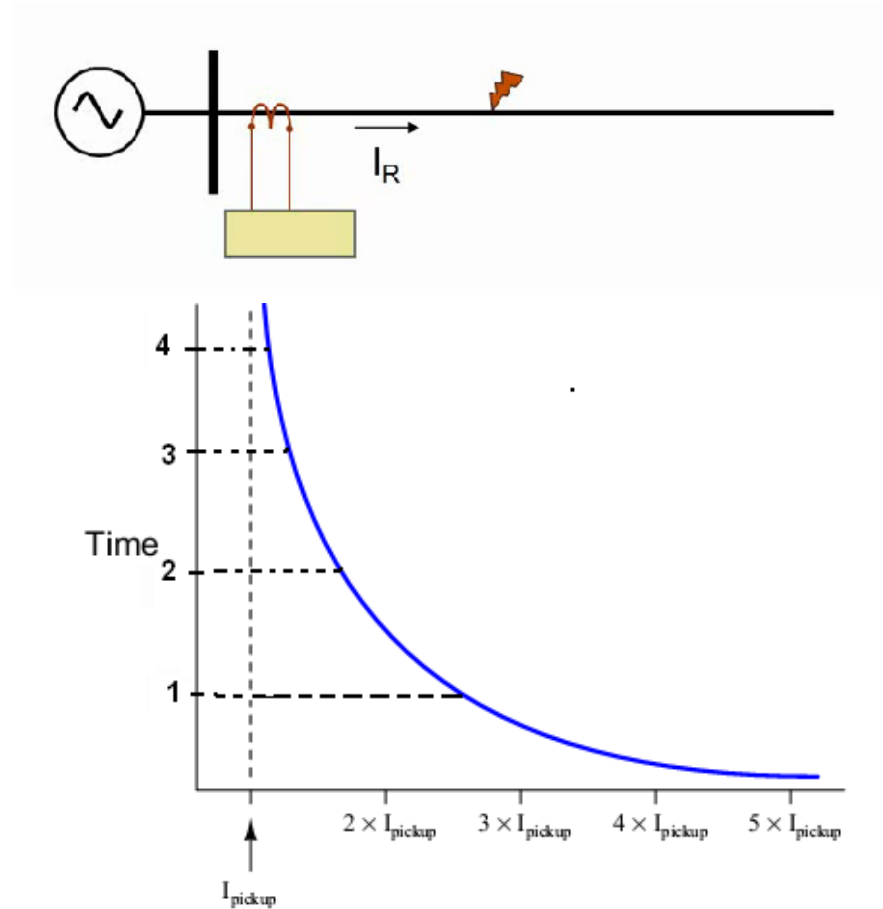


RELÉS DE PROTECCIÓN: SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO(51)

El disparo del breaker se realiza basado en la magnitud de la corriente de falla y su duración en el tiempo.

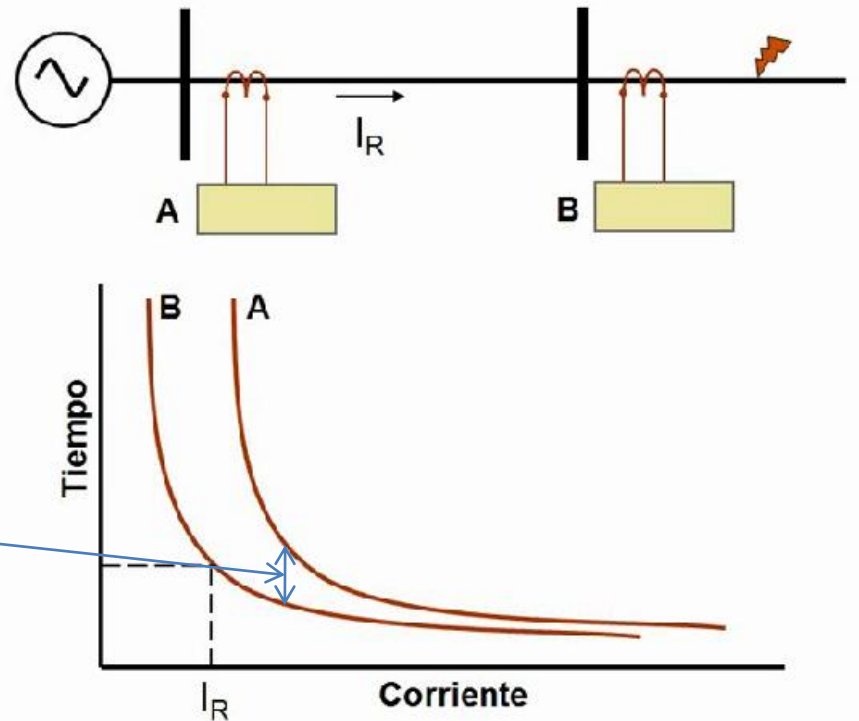
A mayor es la corriente de falla, menor sera el tiempo necesario para que el relebenere la señal de trip para abrir el breaker.

Esta protección es designada por la ANSI/IEEE con el numero 51.

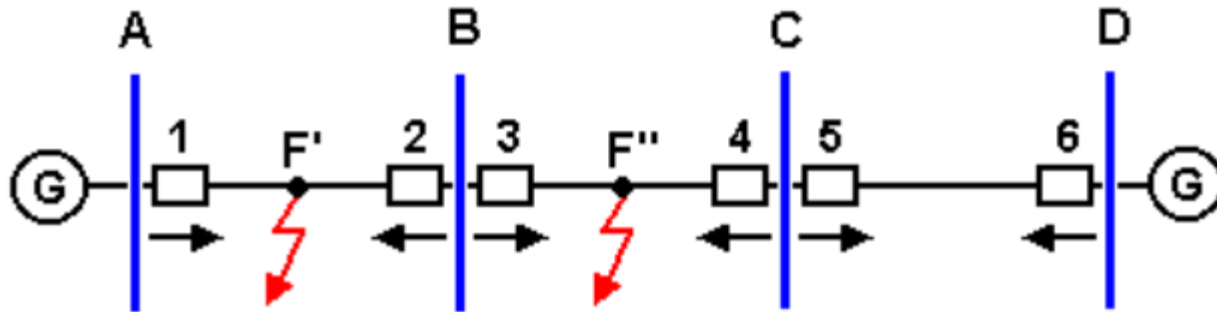


RELÉS DE PROTECCIÓN: COORDINACIÓN SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO(51)

Cuando se trabaja en zonas, se requiere que la operación en tiempo del relé A sea mayor a la operación en el tiempo del relé B, para permitir que la protección B actué primero. La diferencia que hay entre el tiempo de B y A se llama el tiempo de coordinación.



RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE (67)

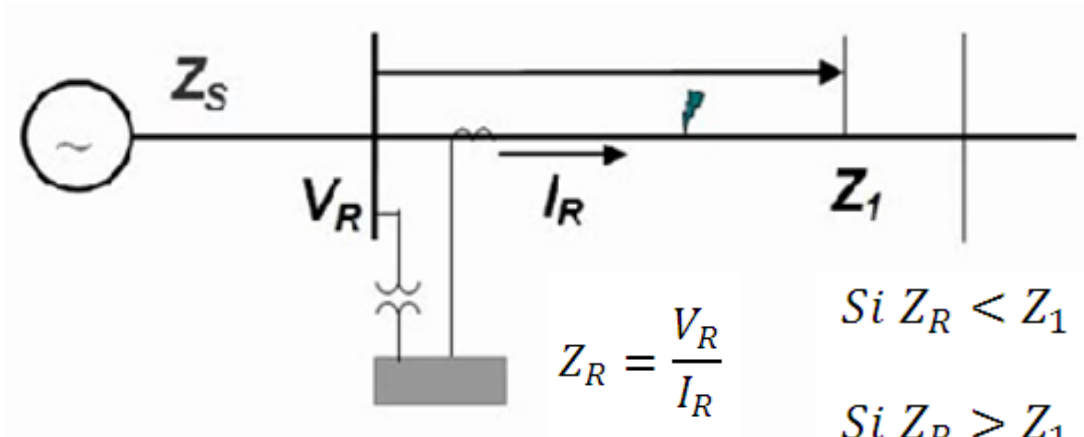


Se denomina protección direccional de sobrecorriente a aquella que responde al valor de la sobrecorriente y a la dirección de la potencia del cortocircuito en el punto de ubicación.

Asumiendo que el sentido normal del flujo de la potencia es de izquierda a derecha, al presentarse la falla F' , solo actuara la protección 1 y la protección 2 no operara. Mientras en el caso de la falla F'' , solo actuara la protección 3 y la protección 4 no operara.

Existen dos tipos de protecciones direccionales de sobrecorriente: De tiempo definido y de tiempo inverso.

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DE DISTANCIA O IMPEDANCIA (21)



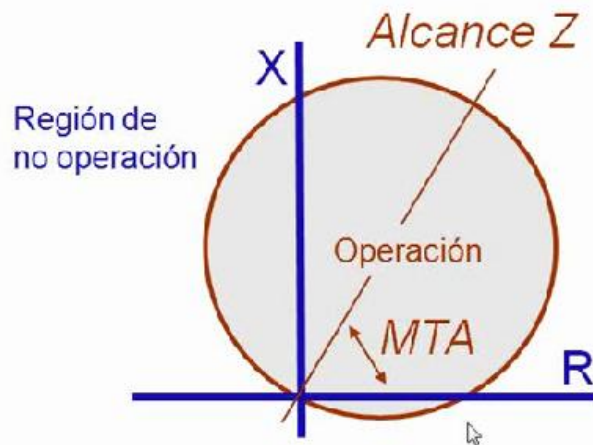
Si $Z_R < Z_1$ se dispara la proteccion

Si $Z_R > Z_1$ no se dispara la proteccion

La protección de Distancia usa el voltaje y la corriente para determinar si la falla está dentro la zona de protección ajustada en el relevador

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DE DISTANCIA O IMPEDANCIA (21)

Características típicas de Impedancia

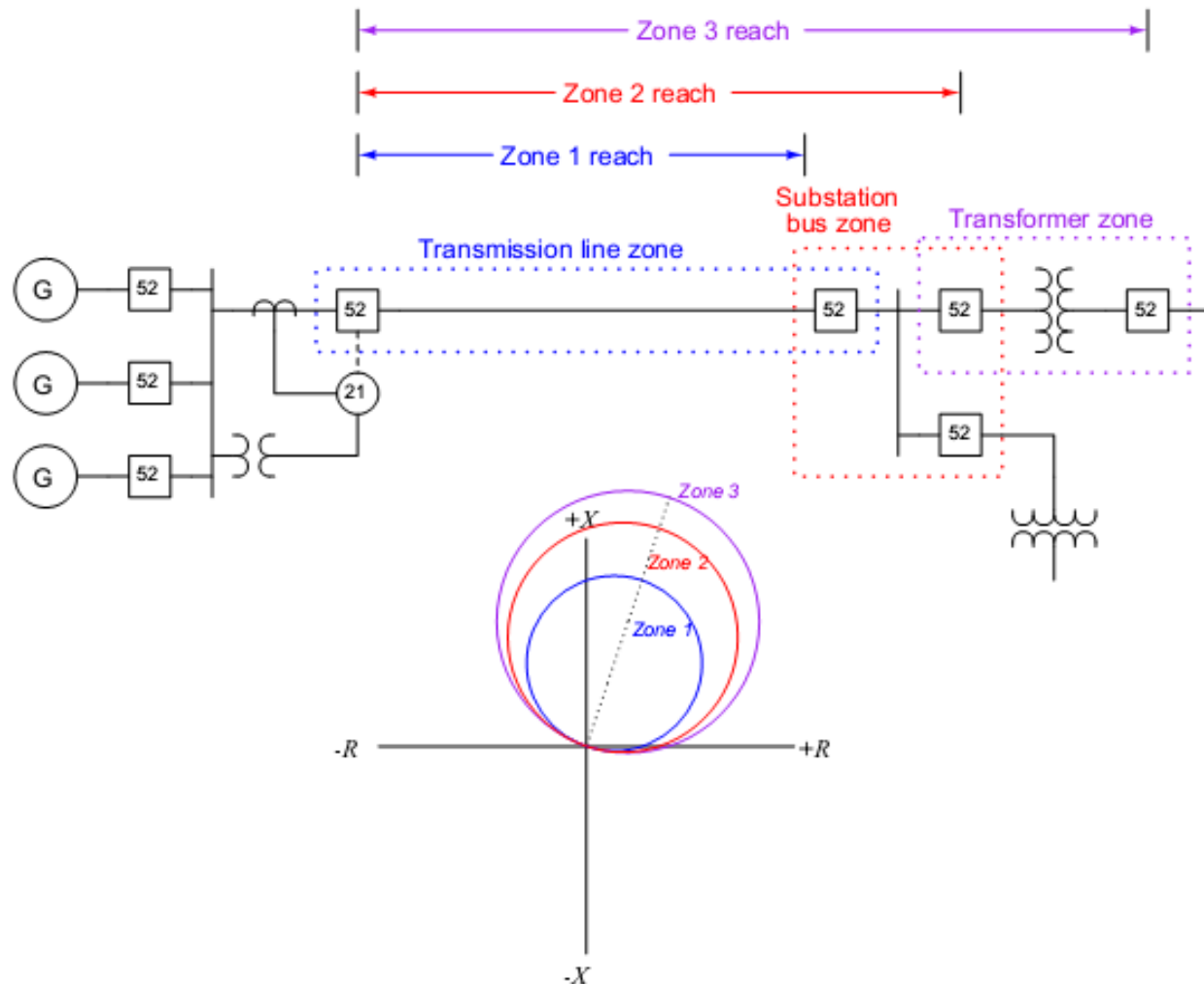


Característica Mho



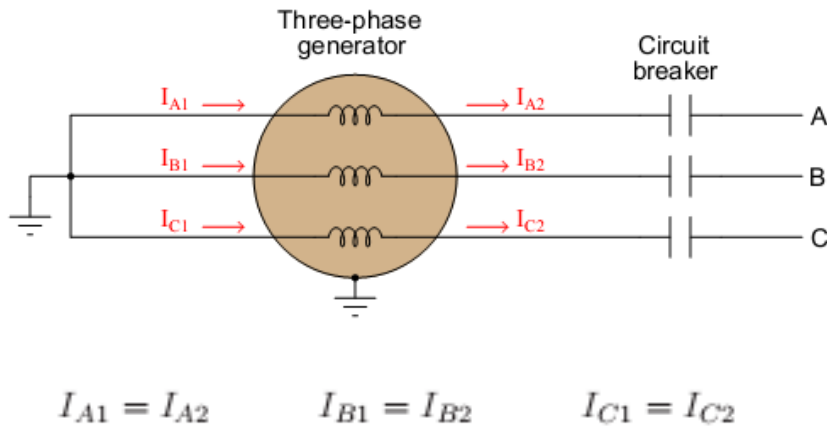
Característica Cuadrilateral

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DE DISTANCIA O IMPEDANCIA (21)



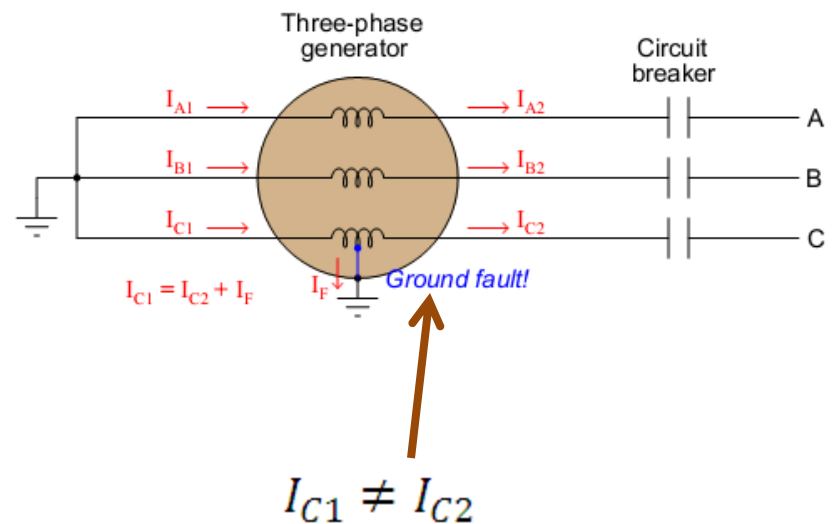
RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)

EQUIPO SIN FALLA

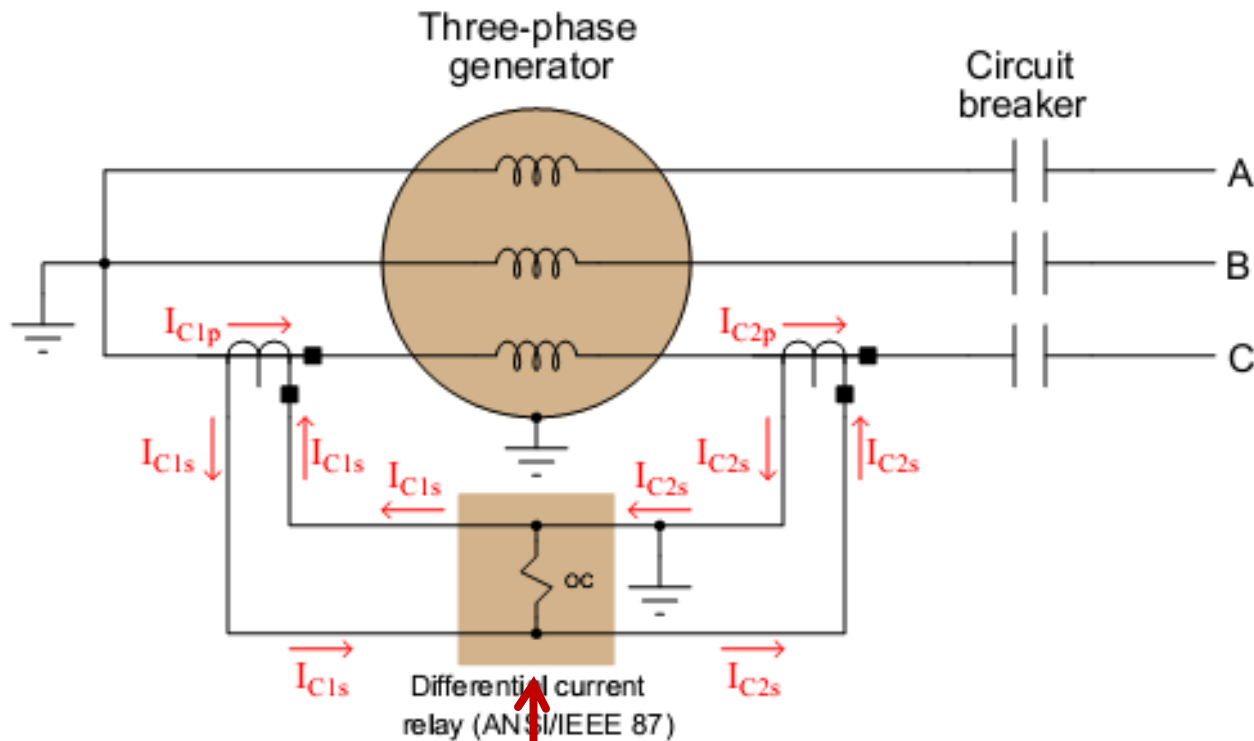


Ley de Kirchhoff: La sumatoria de las corrientes que entran son iguales a las corrientes que salen

EQUIPO CON FALLA

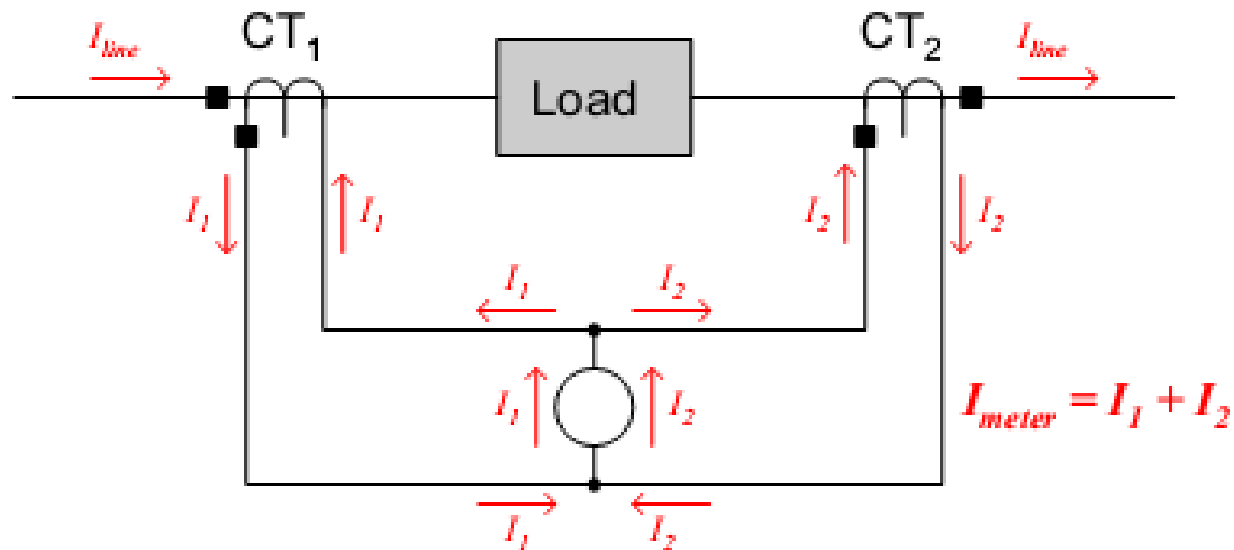


RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)



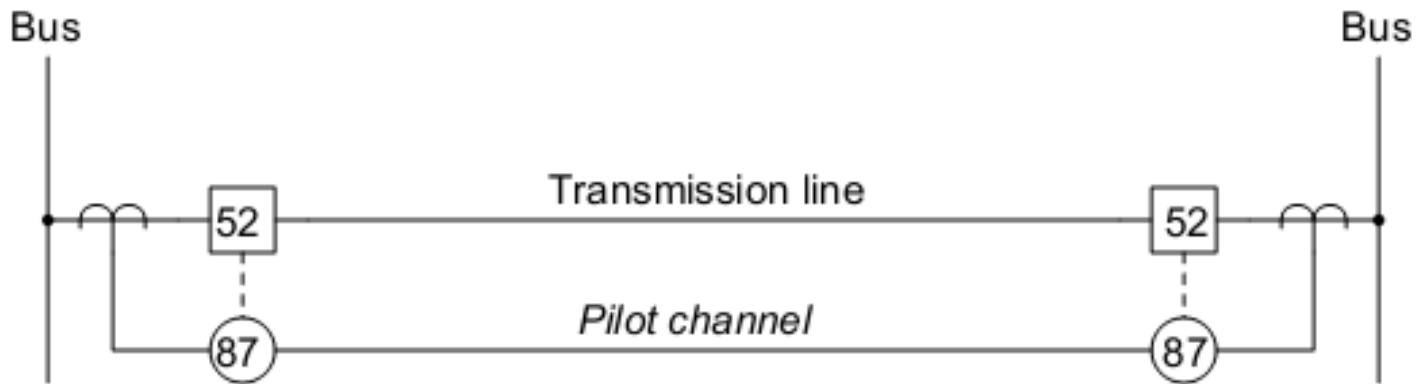
Si $I_{C1} = I_{C2}$ son iguales,
ambas se cancelan y
produce que no halla
corriente sobre la
bobina de disparo OC

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)



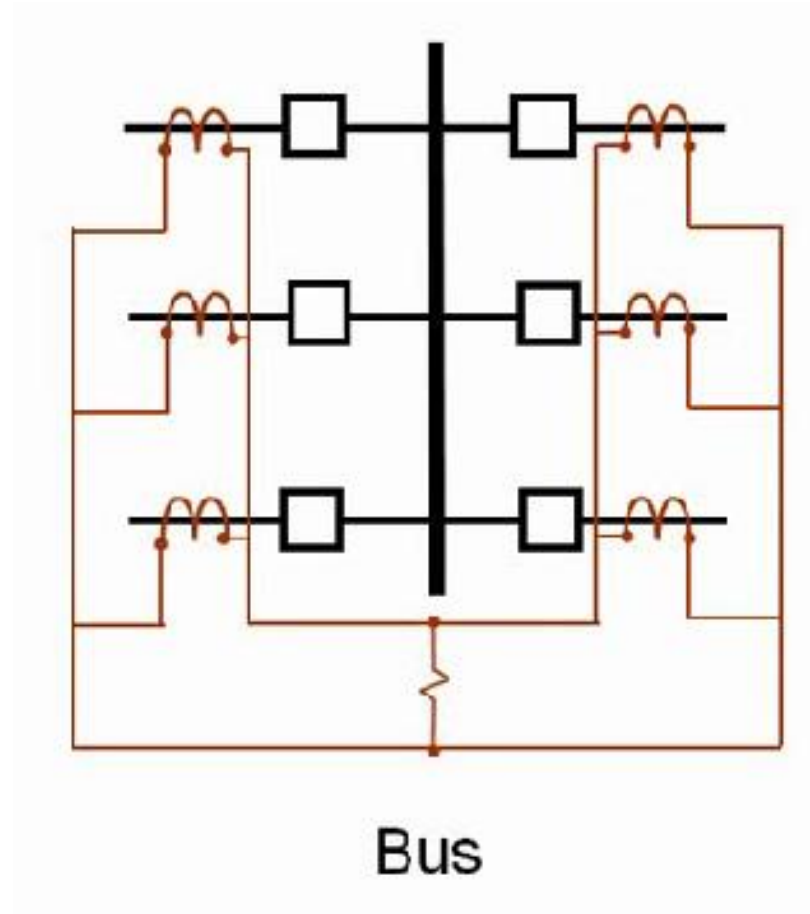
Es muy importante ser cuidadoso con la correcta conexión de los CT's, ya que una mala conexión de estos elementos puede general un mal funcionamiento de la protección como se muestra en esta figura.

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)



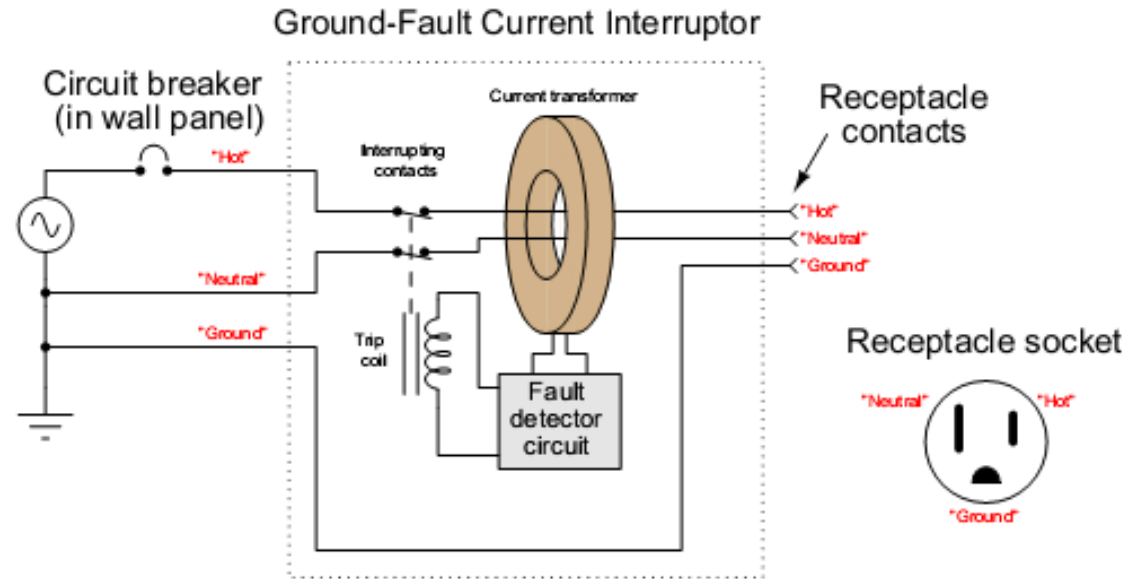
En una línea de transmisión se puede implementar una protección diferencial utilizando dos relés diferentes. Cada uno se comunica a través de un canal de comunicaciones llamado “Pilot Channel”; cuando se detecta que la corriente medida por un relé es diferente a la corriente medida por el otro relé se produce el disparo la protección.

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)



Una situación semejante a la anterior se puede implementar para ejecutar una protección diferencial en un bus.

RELÉS DE PROTECCIÓN: PROTECCIÓN DIFERENCIAL (87)



Una protección diferencial muy común en los hogares son los conectores GFCI (Ground Fault Current Interruptor) que trabajan bajo el mismo principios de cancelación de corrientes. Son muy sensibles y su corriente de disparo es de muy pocos miliamperios

RELÉS DE PROTECCIÓN:

VIDEOS DE INTERÉS

- Fundamentos de protección para BUS :
<http://www.youtube.com/watch?v=G2S7HnN8PHI>
- Fundamentos de protección para Generador :
<http://www.youtube.com/watch?v=BCuoV8AZJYg>
- Fundamentos de protección para Transformador:
http://www.youtube.com/watch?v=3Yfa3_m-N24
- Fundamentos de protección diferencial para Líneas:
<http://www.youtube.com/watch?v=V8wp4b9drrc>
- Fundamentos de protección de distancia para líneas:
http://www.youtube.com/watch?v=Jged_drUW2k
- Introducción al control de las subestaciones usando relevadores:
http://www.youtube.com/watch?v=x-GQs60z_g

RELÉS DE PROTECCIÓN:

CONCLUSIONES

- CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN.
- RESPALDO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN
- ZONAS DE PROTECCIÓN
- COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN
- TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTACIÓN
- BREAKER
- RELÉS DE PROTECCIÓN
- TIPOS DE PROTECCIÓN

EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN

Después de finalizada la presentación, usted se siente en capacidad de:

1. Reconocer los elementos que contienen los sistemas de protección y sus características de funcionamiento.
2. Identificar los esquemas principales de protección y su modo de operación.
3. Identificar la simbología usadas en los planos de las protecciones eléctricas según las normas ANSI e IEEE.
4. Resalta la importancia de los esquemas de protección en un circuito eléctrico y las principales características que deben cumplir.

GRACIAS