

Coordinación de Protecciones

César Chilet León

Introducción

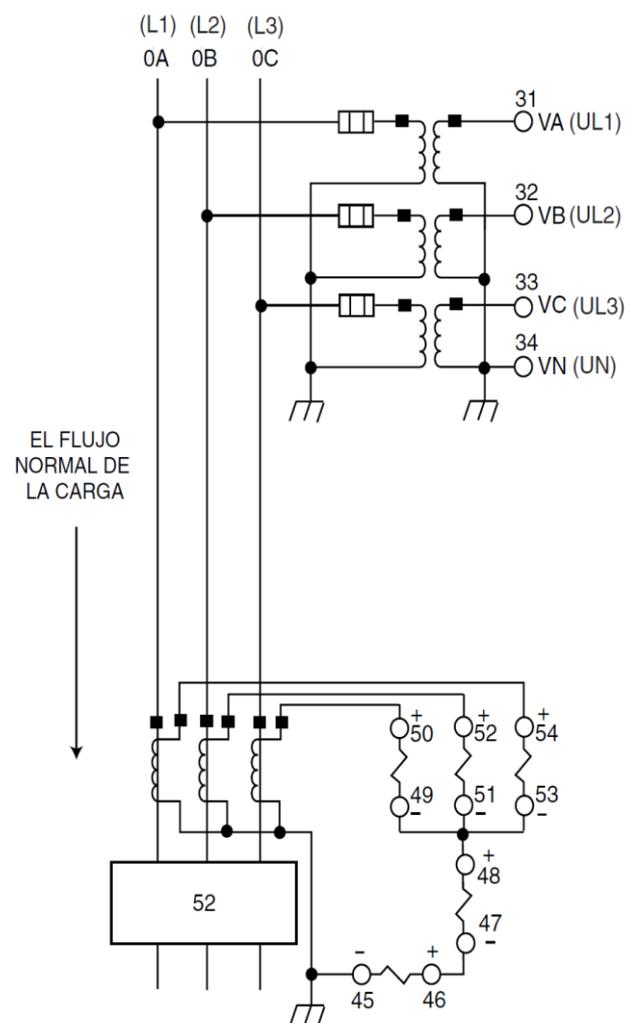
Sobrecorriente

Cálculo de cortocircuitos

Dispositivos de protección

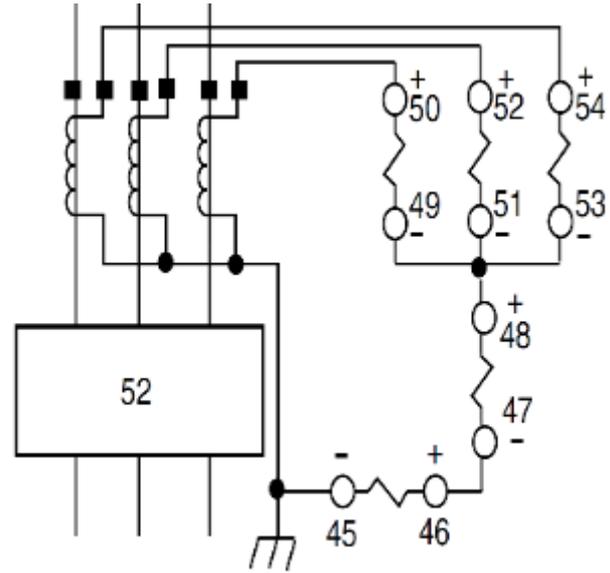
Protección MT - 22,9 kV

- **51 P** : protección de sobrecorriente de fase con retardo en el disparo.
- **50 P** : protección de sobrecorriente de fase sin retardo en el disparo.
- **51 N** : protección de sobrecorriente de tierra con retardo en el disparo.
- **50 N** : protección de sobrecorriente de tierra sin retardo en el disparo.
- **46** : protección de sobrecorriente contra desbalance.



USAR SENSIBLE DE FALLA A TIERRA
LA CONEXIÓN RESIDUAL DE CTS

CT – instalación y conexión



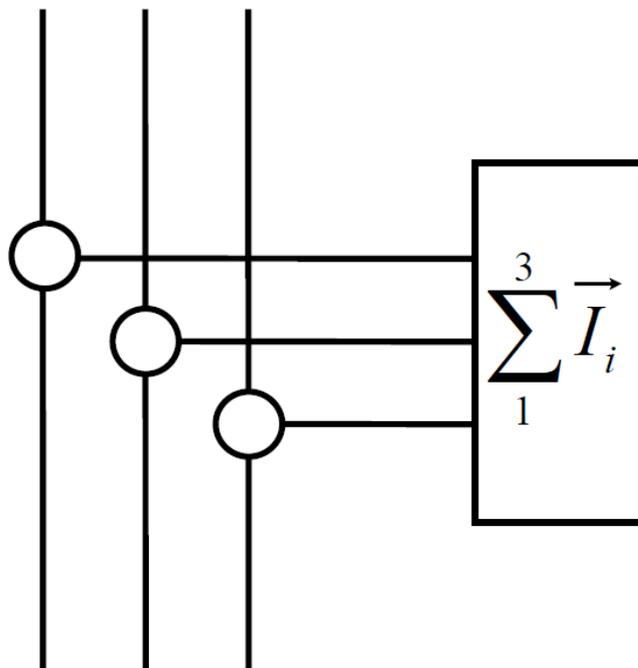
Protección MT - 22,9 kV

Protección a Tierra

Sistemas con neutro a tierra.

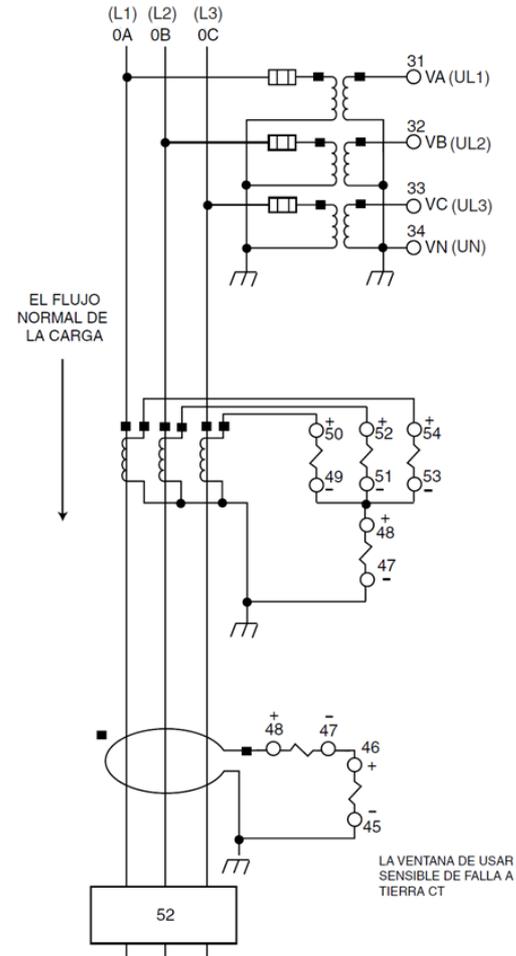
Medida de la corriente residual
(Suma de las 3 intensidades)

$$\vec{I}_{rsd} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3$$



Protección MT - 20 / 10 kV

- **51 P** : protección de sobrecorriente de fase con retardo en el disparo.
- **50 P** : protección de sobrecorriente de fase sin retardo en el disparo.
- **51 N** : protección de sobrecorriente de tierra con retardo en el disparo.
- **50 N** : protección de sobrecorriente de tierra sin retardo en el disparo.
- **SEF** : función sensitiva a tierra

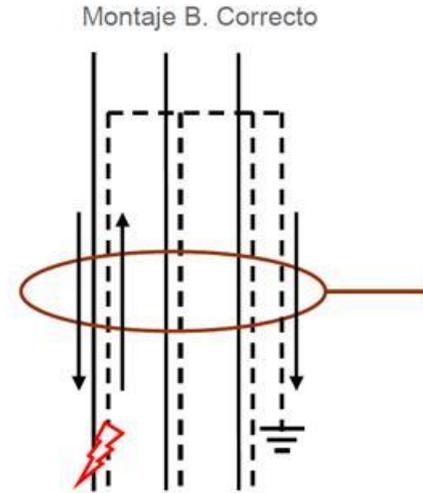
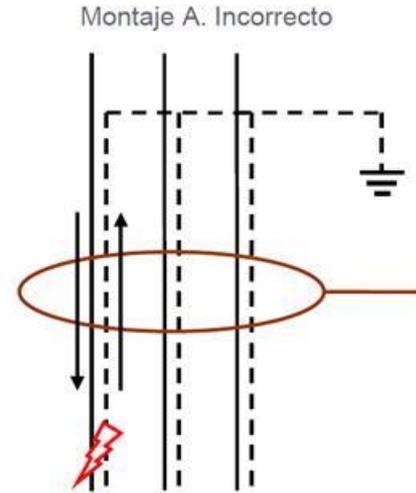
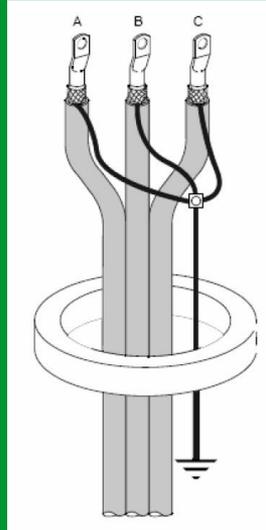


Protección MT - 20 / 10 kV

Protección a Tierra

Sistemas aislados.

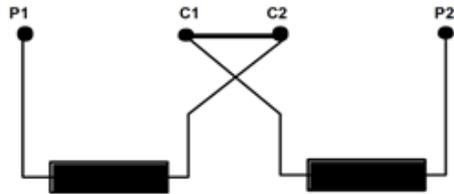
Medida de la corriente residual (Intensidad residual directa)



Current transformer with **DOUBLE RATIO**
through primary coupling.

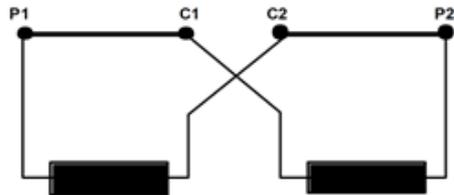
types *ARM3*

Burden values are the same for both ratios.



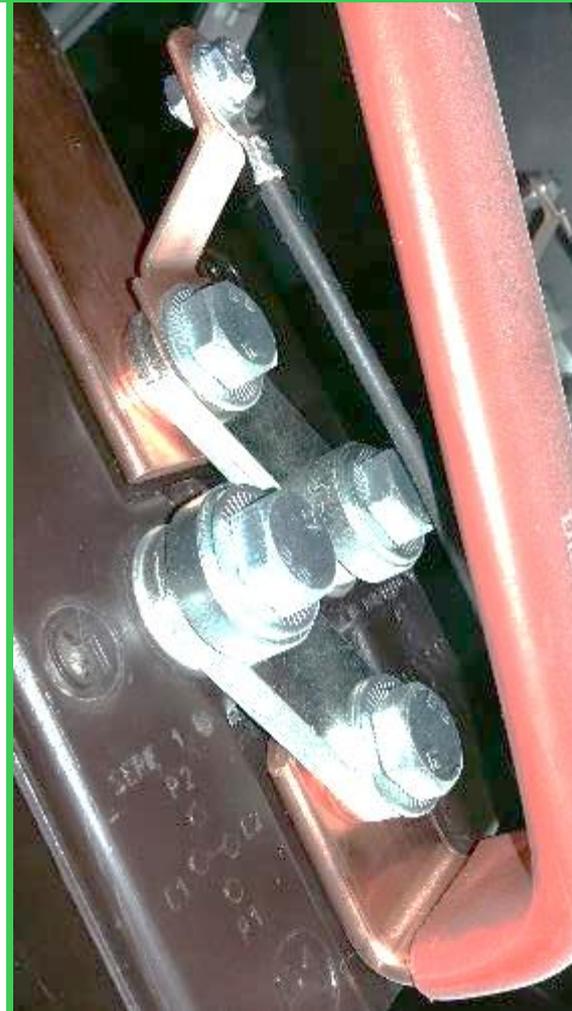
SERIAL PRIMARY COUPLING

LOW RATIO

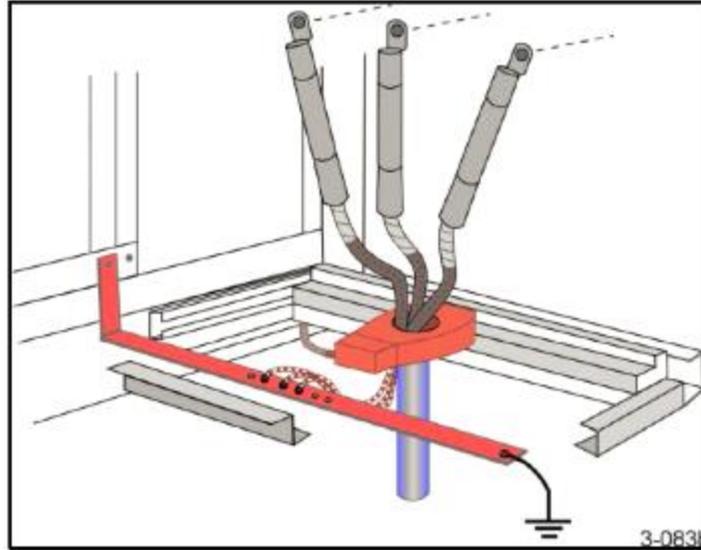


PARALLEL PRIMARY COUPLING

HIGH RATIO

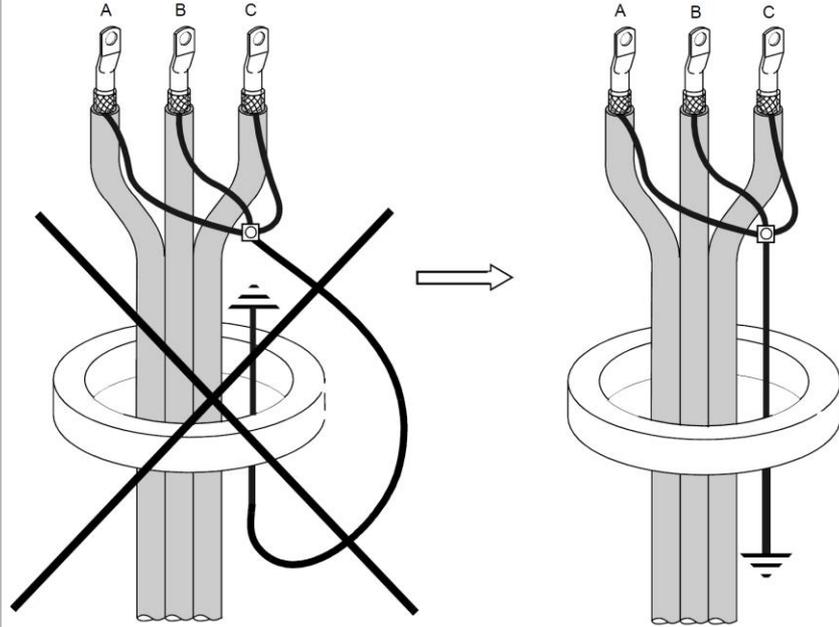


CT para cable



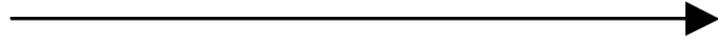
Transformador de corriente

No olvide volver a pasar por el interior del toroidal la trenza de puesta a tierra de las pantallas de los 3 cables.
Asegúrese de la dirección de paso de la trenza a través del toroidal.

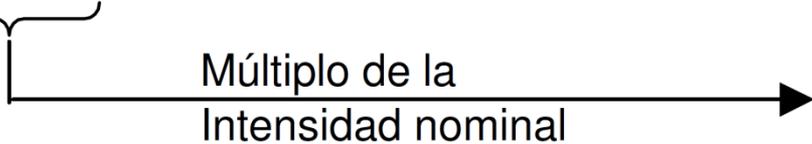


TC – IEC- Protección

PARA PROTECCION



Precisión
5%
10%



5
10
15
20
30

EJ : 10 P20

= Error 10 % con 20 veces la Corriente nominal

TC – ANSI - protección

PARA PROTECCION

$I_s = 5A$

$f = 60 Hz$

C
K
T



Tensión secundaria
con 20 veces Inominal

C100	(25 VA)
C200	(50 VA)
C400	(100 VA)
C800	(200 VA)

EJ: C200

Tension sec con $20 \times 5 A = 200V$ (50 VA)

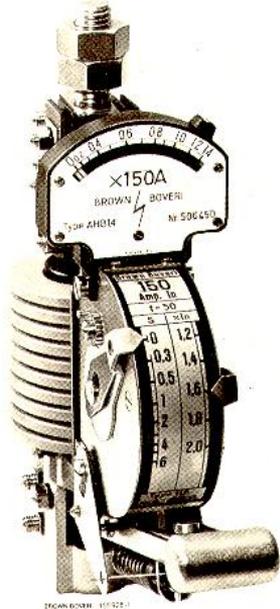
Error máximo 10% con 20 x Inominal

BURDEN	Vsec V
B-0.1 (2,5 VA)	10
B-0.2 (5,0 VA)	20
B-0.5 (12,5 VA)	50
B-1.0 (25 VA)	100
B-2 (50 VA)	200
B-4 (100 VA)	400
B-8 (200 VA)	800

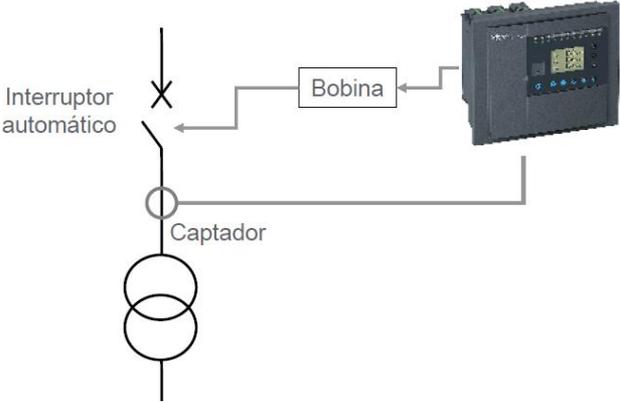
Relé de protección

Relés de sobrecorriente.

RELÉS DIRECTOS

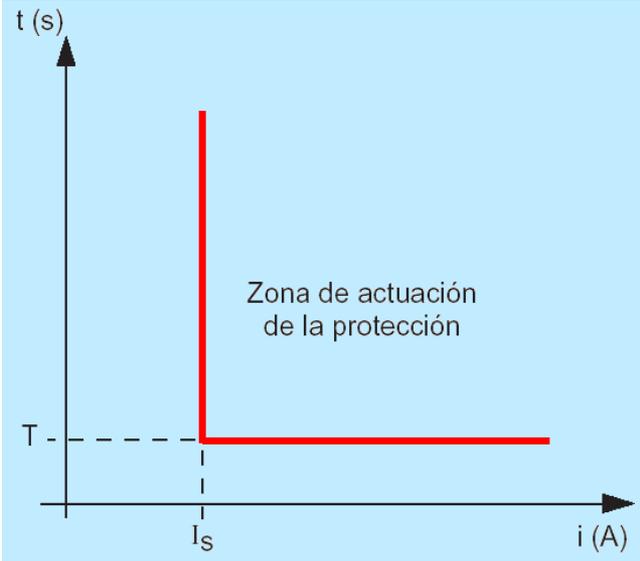


RELÉS INDIRECTOS

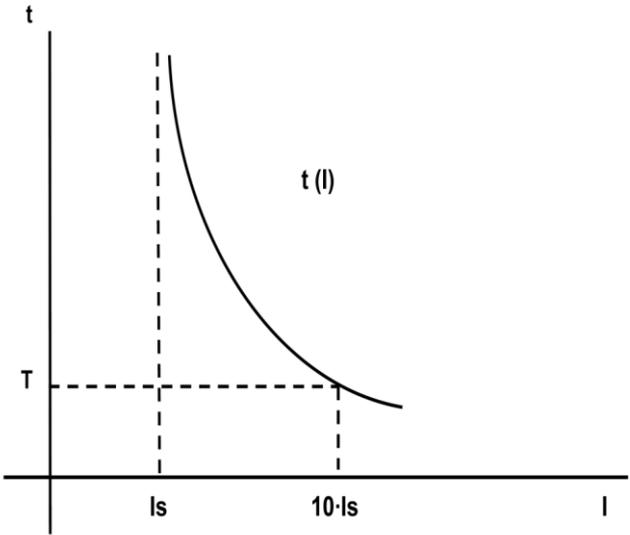


Características de operación

TIEMPO DEFINIDO



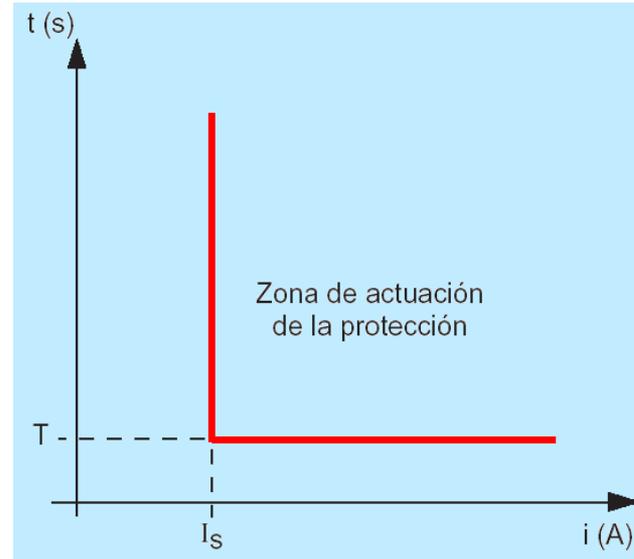
TIEMPO INVERSO



Protección de sobrecorriente de fase (ANSI 50 / 51)

a tiempo independiente (o definido) **curva DT** (**D**irect **T**ime).

- I_s : umbral de intensidad expresado en A.
- T: retardo de actuación de la protección.



Características de retardo IEC

> Todas las curvas a tiempo dependiente, siguen la formula definida en la IEC 60255-3, sección 3.5.2 ó también BS 142, donde t es el valor del tiempo de actuación de la protección en segundos, en función de la temporización (T) de la protección a I/s veces.

- *Curva Inversa (SIT):*
- *Curva muy inversa (VIT)*
- *Curva extremadamente inversa (EIT)*

Características de retardo IEC

El tiempo de operación y la sobrecorriente están relacionados por una ecuación, que define la curva de operación característica del relé:

$$t = k * \frac{\beta}{\left[\frac{I}{I_s} \right]^\alpha - 1}$$

donde :

- t = tiempo de operación (s)
- k = ajuste del multiplicador de tiempos (TMS)
- I = corriente de falla que pasa por el relé (A)
- I_s = corriente de ajuste o calibración de corriente (A)

Características de retardo IEC

α y β determinan el grado de característica inversa del relé :

Característica	α	β
Normalmente inversa	0.02	0.14
Muy inversa	1.00	13.50
Extremadamente inversa	2.00	80.00

NORMAS IEC

NORMAL INVERSE (Type A) $t = \frac{0.14}{(I/I_p)^{0.02} - 1} \cdot T_p$ [s]

VERY INVERSE (Type B) $t = \frac{13.5}{(I/I_p)^1 - 1} \cdot T_p$ [s]

EXTREMELY INV. (Type C) $t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot T_p$ [s]

LONG INVERSE (Type B) $t = \frac{120}{(I/I_p)^1 - 1} \cdot T_p$ [s]

For All Characteristics

t	trip time in seconds
T_p	setting value of the time multiplier
I	fault current
I_p	setting value of the pickup current

The trip times for $I/I_p \geq 20$ are identical to those for $I/I_p = 20$.

Pickup threshold

approx. $1.10 \cdot I_p$

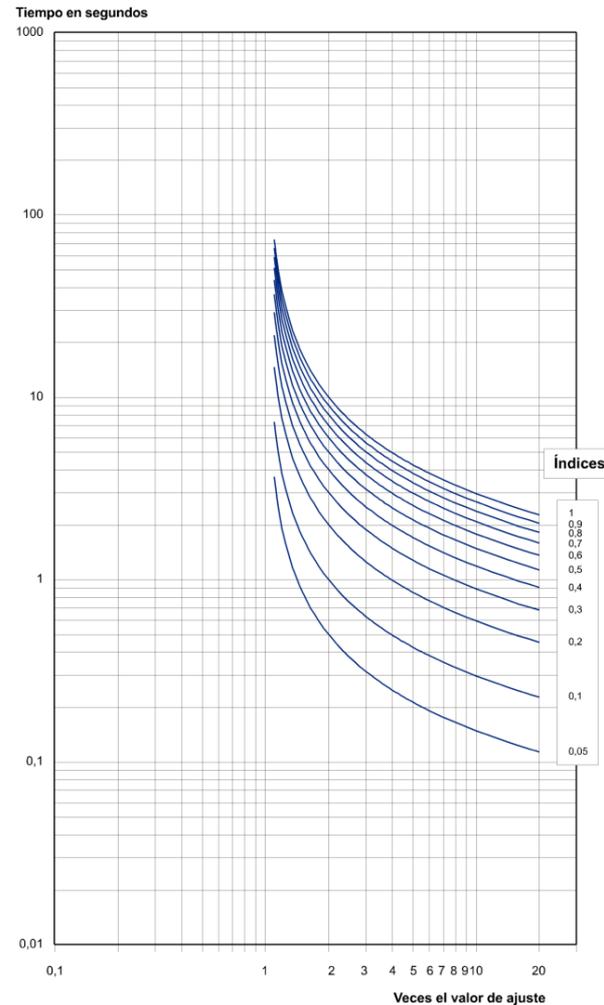
Según IEC 60255-3, Section 3.5.2 o BS 142

Relés de tiempo normalmente inverso (NI)

- > Se aplican generalmente cuando el valor de la corriente de cortocircuito depende grandemente de la capacidad de generación del sistema en el momento de la falta.
 - Cuando $Z_S \ll Z_L$,
 - Z_S = impedancia de la fuente.
 - Z_L = impedancia de la línea hasta el punto de falla
- > Su principal ventaja es la de tener menores tiempos de operación a altas potencias de cortocircuito.

Normalmente Inversa (IEC).

$$t = \frac{0,14}{I_S^{0,02} - 1}$$



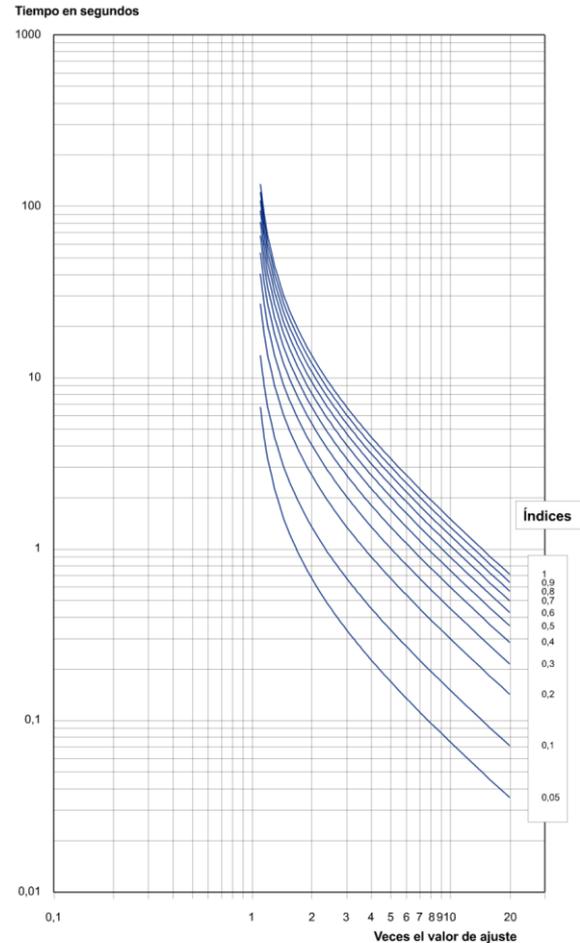
Relés de tiempo muy inverso (VI)

- > Característica: lento para valores bajos de sobrecorriente y rápido para valores altos de sobrecorriente.
- > Aplicación: preferentemente en sistemas donde la **I_{cc}** por el relé depende mayormente de su posición relativa a la falta y en poca cuantía de la capacidad de generación del sistema (se alimenta de una red muy grande).

Relés de tiempo muy inverso IEC

Es conveniente en sistemas de gran capacidad de generación donde **Scc** depende prácticamente de la **Zcc** (la I_{FALLA} se reduce notablemente a medida que aumenta la distancia a la fuente).

$$t = \frac{13,5}{I_S - 1}$$



Relés de tiempo extremadamente inverso (E.I.)

Aplicaciones:

- > En alimentadores de las empresas de distribución, donde se tenga tiempo suficiente para permitir la reconexión del circuito sin disparos innecesarios en el período inicial de avalancha (picos de corriente por conexión de bombas, molinos, calentadores, etc.).
- > Al mismo tiempo coordinar con fusibles (de alto poder de ruptura).

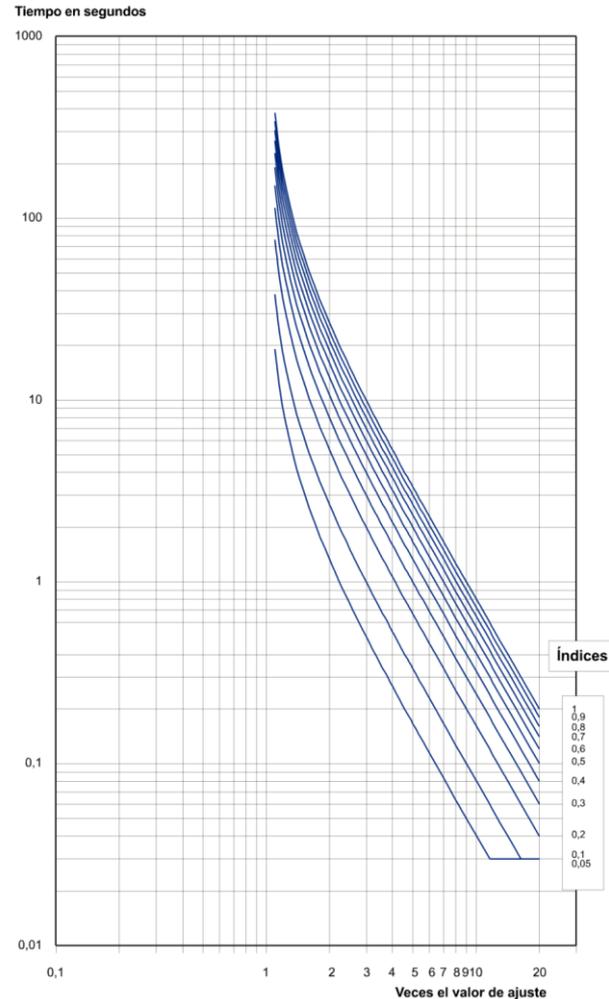
Extremadamente inverso IEC

También se emplea para actuar con componentes de secuencia negativa, en la 46G.

Ajuste de $I_2^2.t = 7 \rightarrow 70$

Permite ajustes más precisos para evitar sacar de servicio al generador.

$$t = \frac{80}{I_S^1 - 1}$$



Características de tiempo de disparo según ANSI/IEEE

Inverso (S/C T. inv)

$$t = \left(\frac{8,9341}{(I/I_p)^{2,0938} - 1} + 0,17966 \right) \cdot D$$

Inverso corto (S/C t. inv.C)

$$t = \left(\frac{0,2663}{(I/I_p)^{1,2969} - 1} + 0,03393 \right) \cdot D$$

Inverso largo (S/C T. inv.L)

$$t = \left(\frac{5,6143}{(I/I_p) - 1} + 2,18592 \right) \cdot D$$

Inverso moderado (S/C T. inv.M)

$$t = \left(\frac{0,0103}{(I/I_p)^{0,02} - 1} + 0,0228 \right) \cdot D$$

Inverso alto (S/C T. inv.A)

$$t = \left(\frac{3,922}{(I/I_p)^2 - 1} + 0,0982 \right) \cdot D$$

Inverso extremo (S/C T. inv.E)

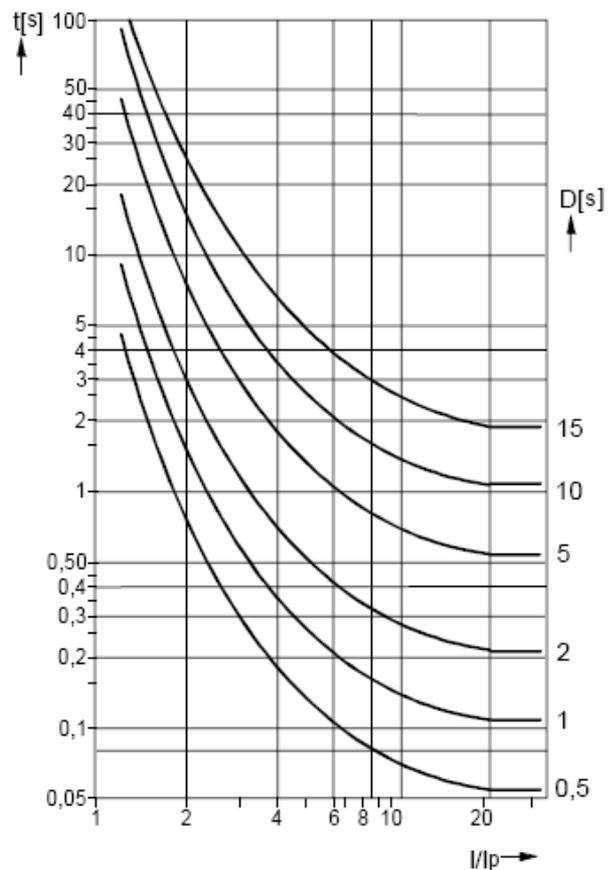
$$t = \left(\frac{5,64}{(I/I_p)^2 - 1} + 0,02434 \right) \cdot D$$

Inverso definido (S/C T. inv.D)

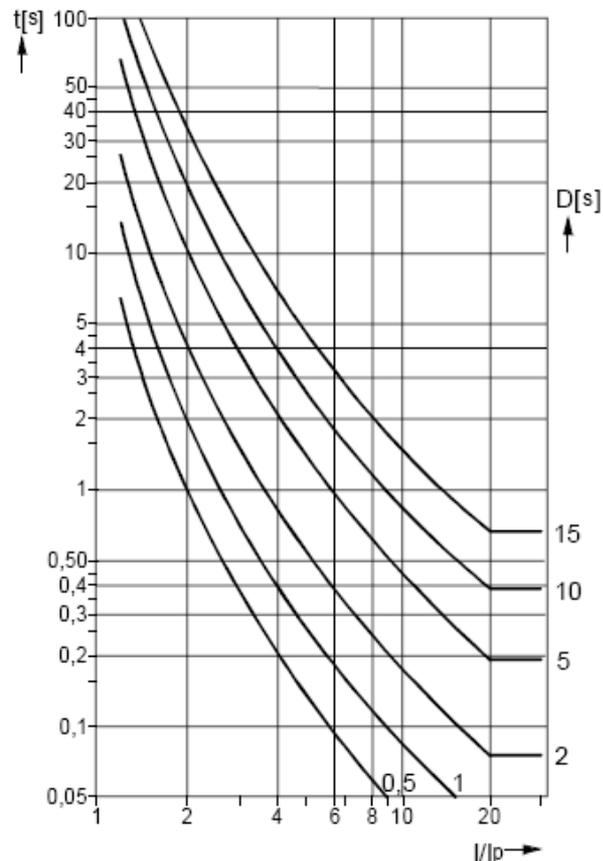
$$t = \left(\frac{0,4797}{(I/I_p)^{1,5625} - 1} + 0,21359 \right) \cdot D$$

Inverso cuadrado (S/C T. inv.Q)

$$t = \frac{50,7 \cdot D + 10,14}{(I/I_p)^2}$$

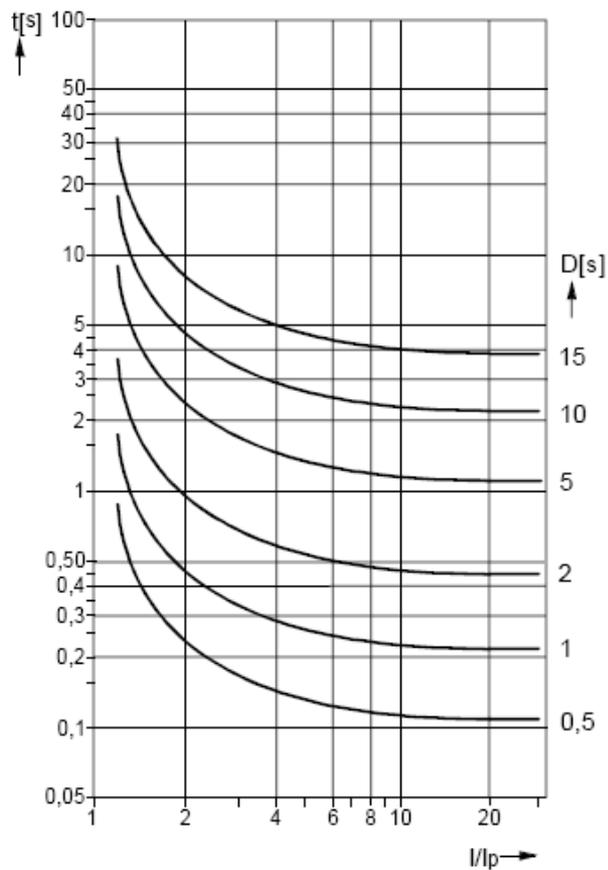


Inverso alto /
VERY INVERSE: $t = \left(\frac{3,922}{(I/l_p)^2 - 1} + 0,0982 \right) \cdot D [s]$



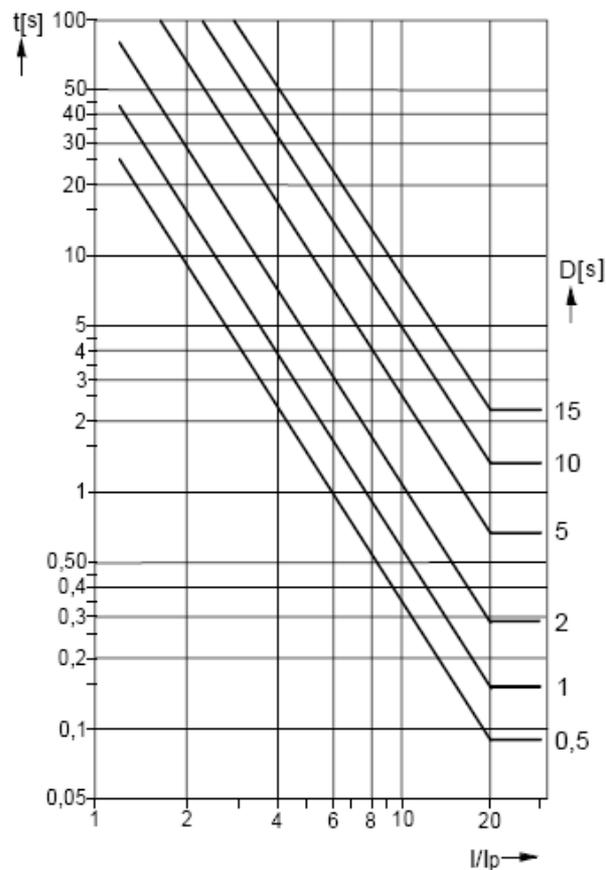
Inverso extremo /
EXTREMELY INV: $t = \left(\frac{5,64}{(I/l_p)^2 - 1} + 0,02434 \right) \cdot D [s]$





Inverso definido /
DEFINITE INV:

$$t = \left(\frac{0,4797}{(I/l_p)^{1,5625}} + 0,21359 \right) \cdot D \text{ [s]}$$



Inverso cuadrado /
I-SQUARED-T:

$$t = \frac{50,7 \cdot D + 10,14}{(I/l_p)^2} \text{ [s]}$$

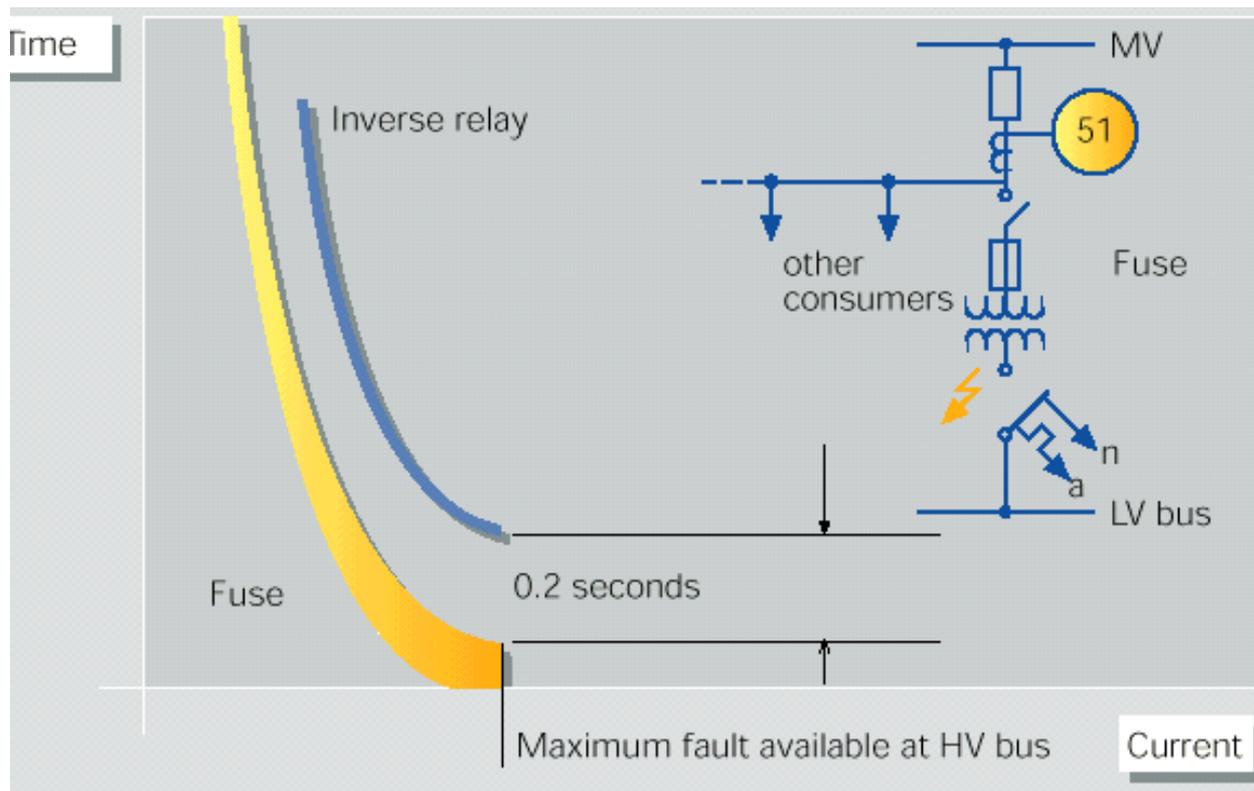


Schneider
Electric

Coordinación relés - fusibles

Coordinación de Relés - fusibles

- > El procedimiento es similar a la graduación arriba descrito de los relés de sobrecorriente. Generalmente un intervalo del tiempo entre 0,1 y 0,2 segundos es suficiente para una coordinación de tiempo seguro.
- > En este caso las características muy y extremadamente inversas son a menudo más convenientes que las curvas normalmente inversas.



Coordinación de Relés - fusibles

- > En este caso, la característica de funcionamiento del relé de sobrecorriente en la entrada tiene que coordinar con la curva del fusible.
- > Las características muy inversas se pueden utilizar con los fusibles del tipo expulsión (fusibles cut-out) mientras que las versiones extremadamente inversas se adaptan mejor a los fusibles limitadores de corriente.
- > En cualquier caso, la decisión final debe ser tomada trazando las curvas de diagrama de la coordinación en el papel Logarítmico-logarítmico.

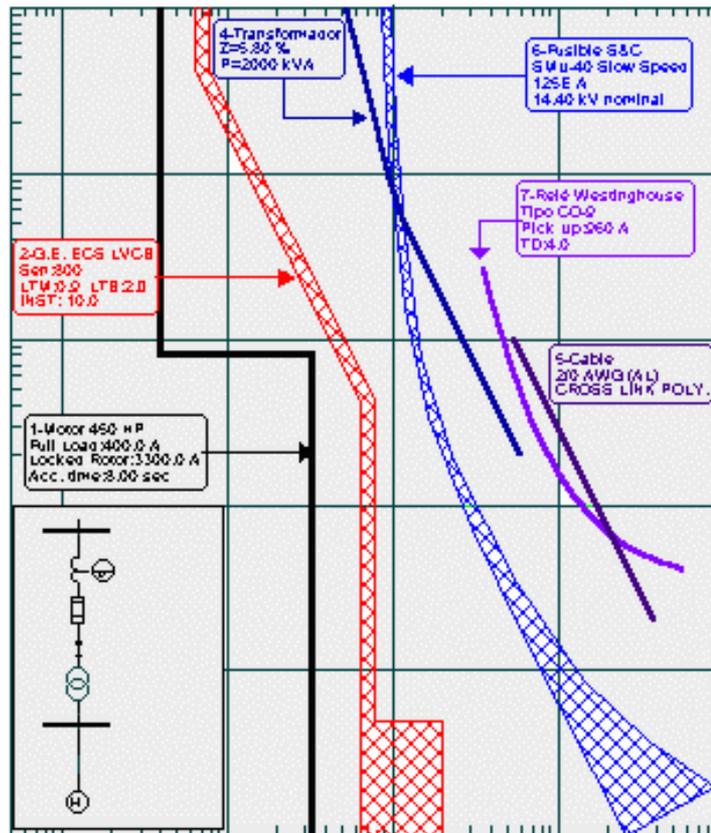
Coordinación de entre relés

Life Is On



Coordinación de protección

Consiste en seleccionar y ajustar los dispositivos de protección, para lograr una adecuada operación (selectividad) para distintas condiciones de falla.



Reglas básicas

Para una correcta coordinación:

- > Usar en lo posible relés de las mismas características.
- > Asegurar que los relés lejanos a la fuente tengan una calibración igual o menor que los relés ubicados aguas arriba.

Ajuste de la unidad temporizada del relé de fase (51P)

Unidad temporizada del relé de fase 51

Los valores pick-up de los relés de sobrecorriente de fase son normalmente ajustados 30% sobre la corriente de carga máxima.

Esta práctica es recomendada en particular para los relés electromecánicos con relaciones de restablecimiento de 0,8 a 0,85.

$$I_S \geq 1,3 I_{\text{LOAD MAX}}$$

Unidad temporizada del relé de fase

- > Los *relés numéricos* tienen altas relaciones de restablecimiento cerca de 0,95 permitiendo por lo tanto ajustes más bajo en aproximadamente 10%.
- > Los alimentadores con grandes transformadores y/o con cargas de motores requieren una consideración especial.

$$I_S \geq 1,2 I_{\text{LOAD MAX}}$$

Condición 1

> Revisar los ajustes de corriente a fin de verificar que se cumpla:

$$I_{\text{ajuste respaldo}} > k I_{\text{ajuste principal}}$$

Donde k equivale a :

- 1,3 si un relé respalda a otro relé.
- 3,0 si un relé respalda a un fusible.
- 2,0 si un fusible respalda a otro fusible.

Condición 2

Se debe de cumplir que:

$$\frac{I_{2\phi \text{ MIM}}}{FS \cdot FI} > I_{ajuste}$$

Donde:

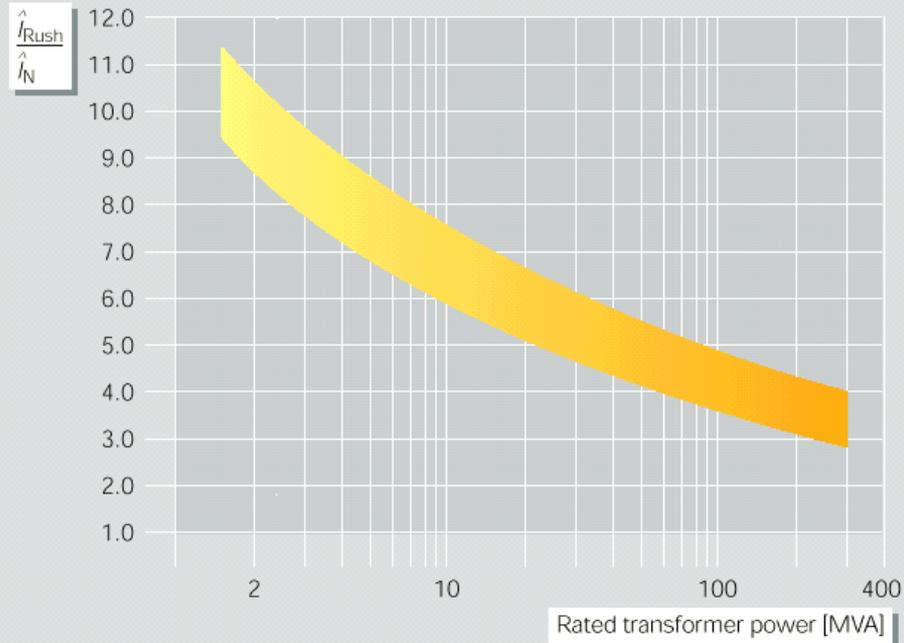
F.S. : Factor de seguridad tiene en cuenta los errores involucrados en los cálculos de las **lcc**, los errores del **CT's** y del **relé**. F. S. = 1,5 → 2,0

F. I. : factor de arranque de la curva del relé, definida por el fabricante (1,5 → 2,0).

Alimentadores con transformador.

- > La energización de transformadores causa corrientes de inserción (INRUSH) que pueden durar por segundos, dependiendo de su tamaño.
- > La selección del ajuste de corriente y el retardo de tiempo asignado tiene que ser coordinada de modo que las corrientes de inserción disminuyan debajo de los valores de restablecimiento del relé de sobrecorriente antes de que haya transcurrido el tiempo de funcionamiento calibrado.

Peak value of inrush current



Time constant of inrush current

Nominal power [MVA]	0.5 ... 1.0	1.0 ... 10	>10
Time constant [s]	0.16 ... 0.2	0.2 ... 1.2	1.2 ... 720

Fig. 70: Transformer inrush currents, typical data

Alimentadores con transformador.

- > La corriente de inserción típicamente solo contiene aproximadamente 50% de la componente de frecuencia fundamental.
- > Los relés numéricos que filtran hacia fuera los armónicos y la componente de la DC de la corriente de inserción por lo tanto pueden calibrarse más sensibles. Los valores máximos de las corrientes de conexión (INRUSH) serán reducidos casi a una mitad en este caso.

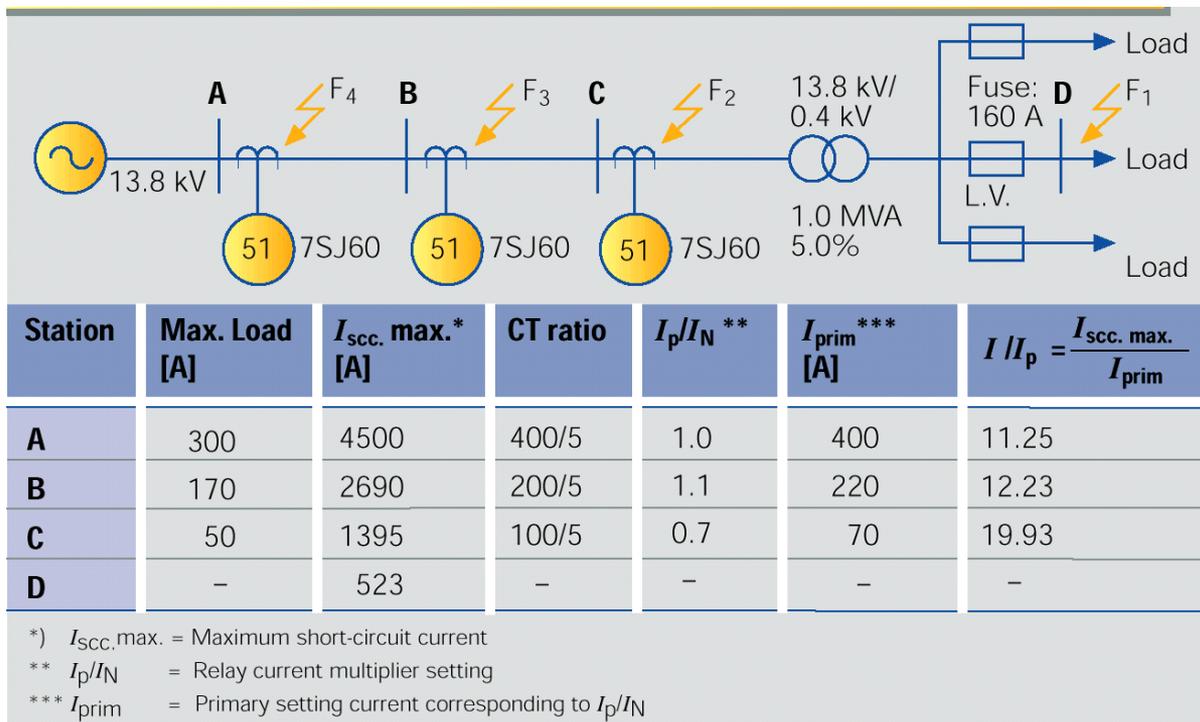
Procedimiento

- > Determinar el ajuste del TMS para el relé más alejado a la fuente (ajuste mínimo recomendado es de 0,05).
- > Luego determinar el ajuste del TMS del relé que respalda al relé aguas abajo, considerando la falla más severa, de tal modo de obtener el intervalo de tiempo deseado.
- > Repetir el paso anterior, para los siguientes relés .
- > Verificar la coordinación con la protección existente. De ser necesario repetir los pasos anteriores con un nuevo intervalo de coordinación.

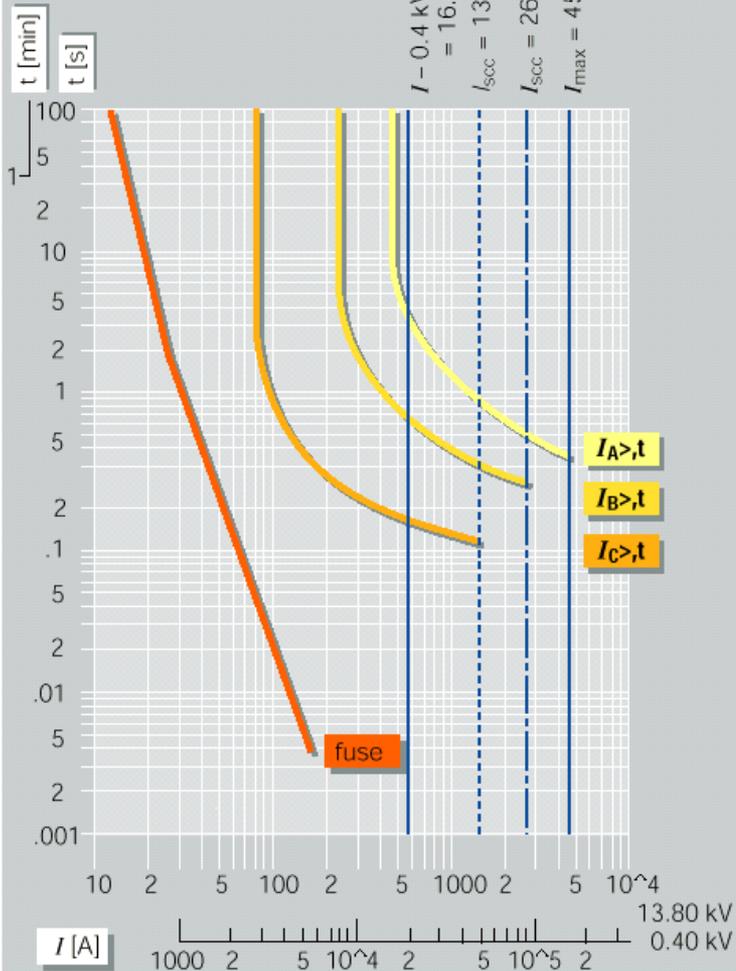
Ejemplo

- > El diagrama unifilar mostrado incluye los siguientes datos:
 - Resultados del flujo de potencia.
 - Cálculo de cortocircuitos.
 - Relación de transformación de los TC.
- > Se pide determinar:
 - El ajuste de corriente (51P) de cada relé y su correspondiente dial de tiempos (T_p).
- > Asumir: Características de los relés NI-IEC, con un intervalo de coordinación (T) de 300 ms.

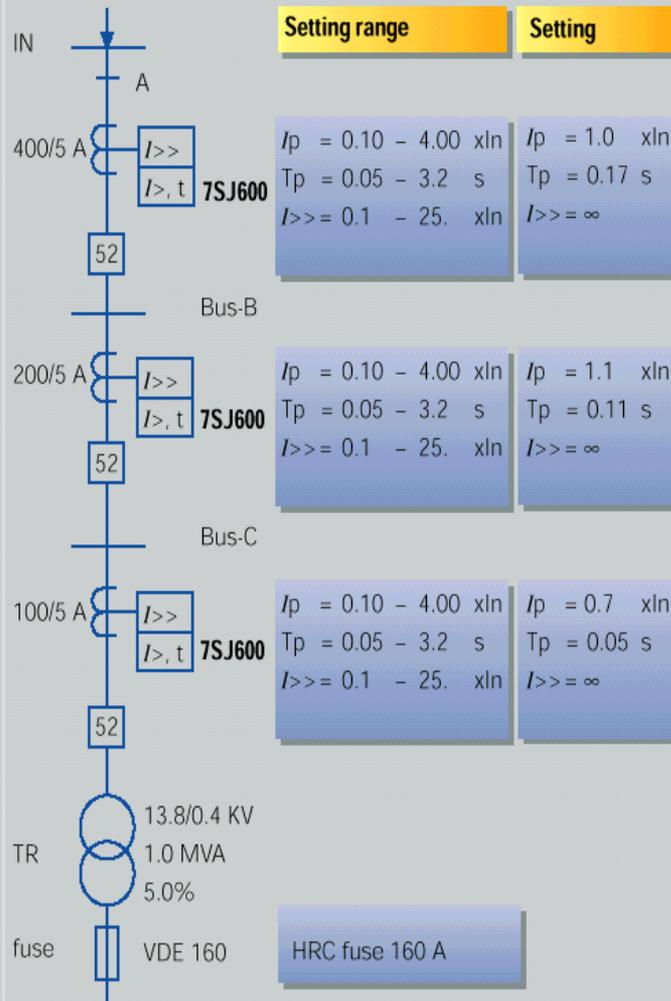
Ejemplo



Resu



Confidential Property



Ajuste de la unidad instantánea del relé de fase (50P)

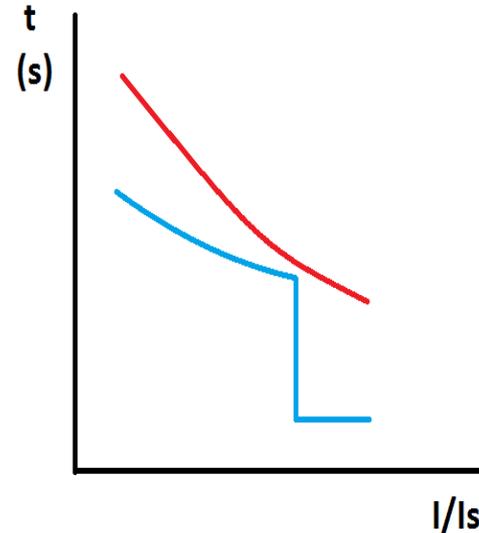
Unidad instantánea (50).

Son necesarias cuando

$$Z_{\text{ELEMENTO PROTEGIDO}} > Z_{\text{FUENTE}}$$

Ventajas fundamentales:

1. Reducen el tiempo de operación de los relés para fallas severas en el sistema.
2. Evitan la pérdida de selectividad en un sistema de protección constituido por relés de características diferentes.



Unidad instantánea (50)

Crterios de ajuste

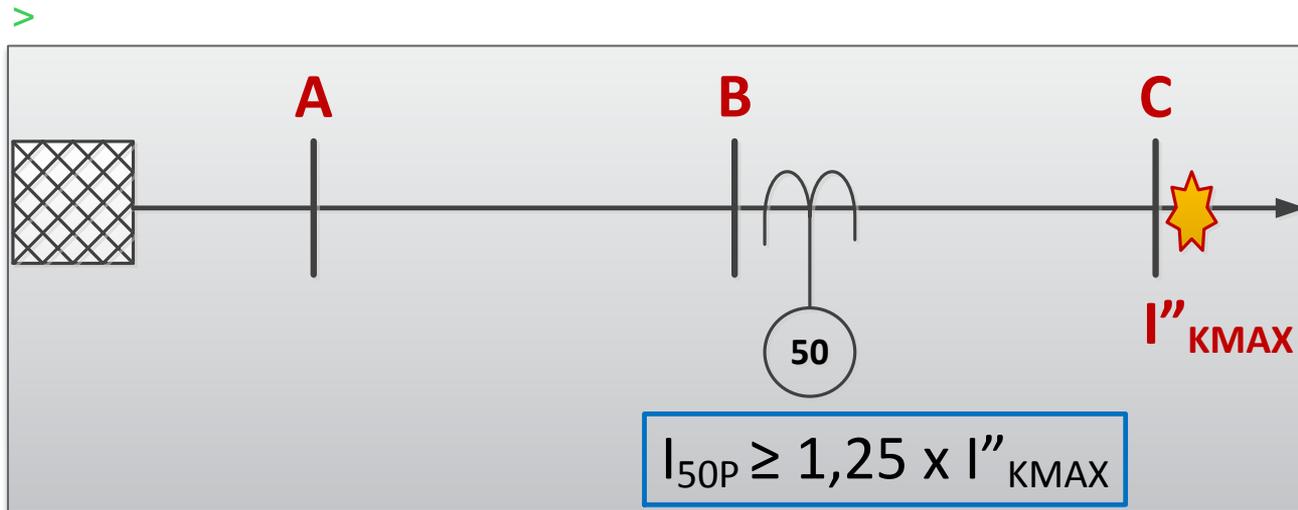
Varían dependiendo de la ubicación y del tipo de elemento a proteger.

Tres grupos:

- I. Líneas ubicadas entre subestaciones.
- II. Líneas de distribución.
- III. Transformadores.

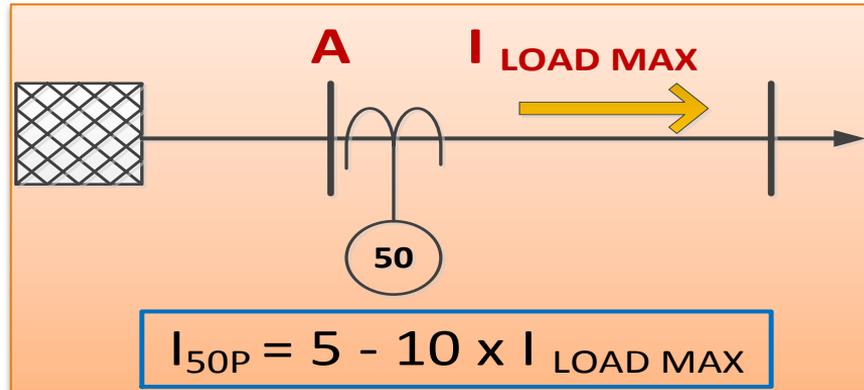
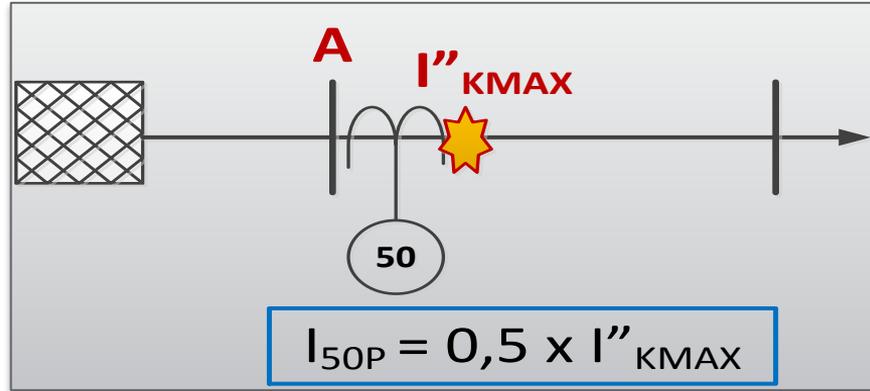
Líneas entre subestaciones

Criterios de ajuste



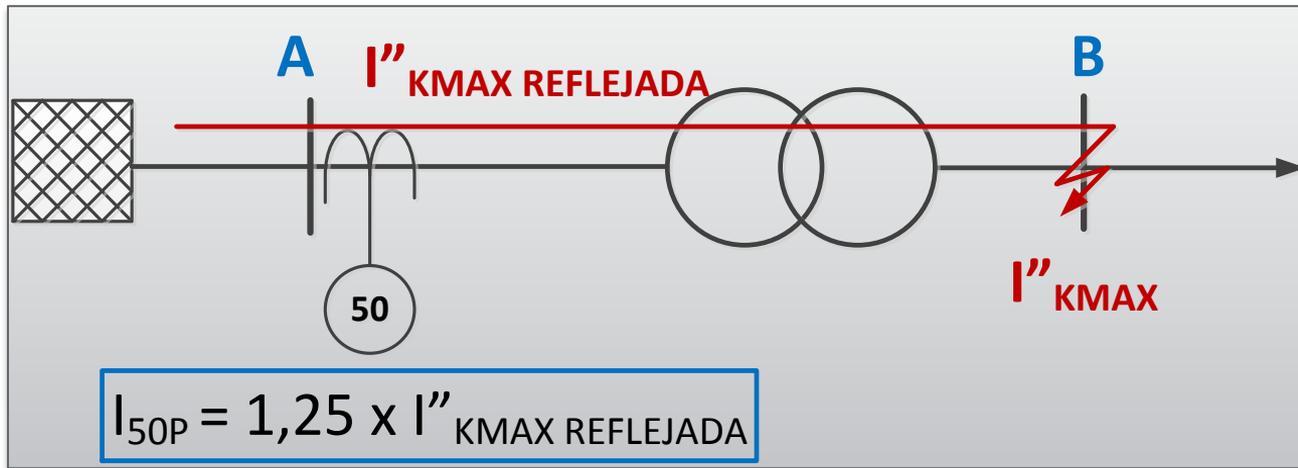
Líneas de distribución

Criterios de ajuste



Transformadores

Criterios de ajuste



Protección de la unidad instantánea (50).

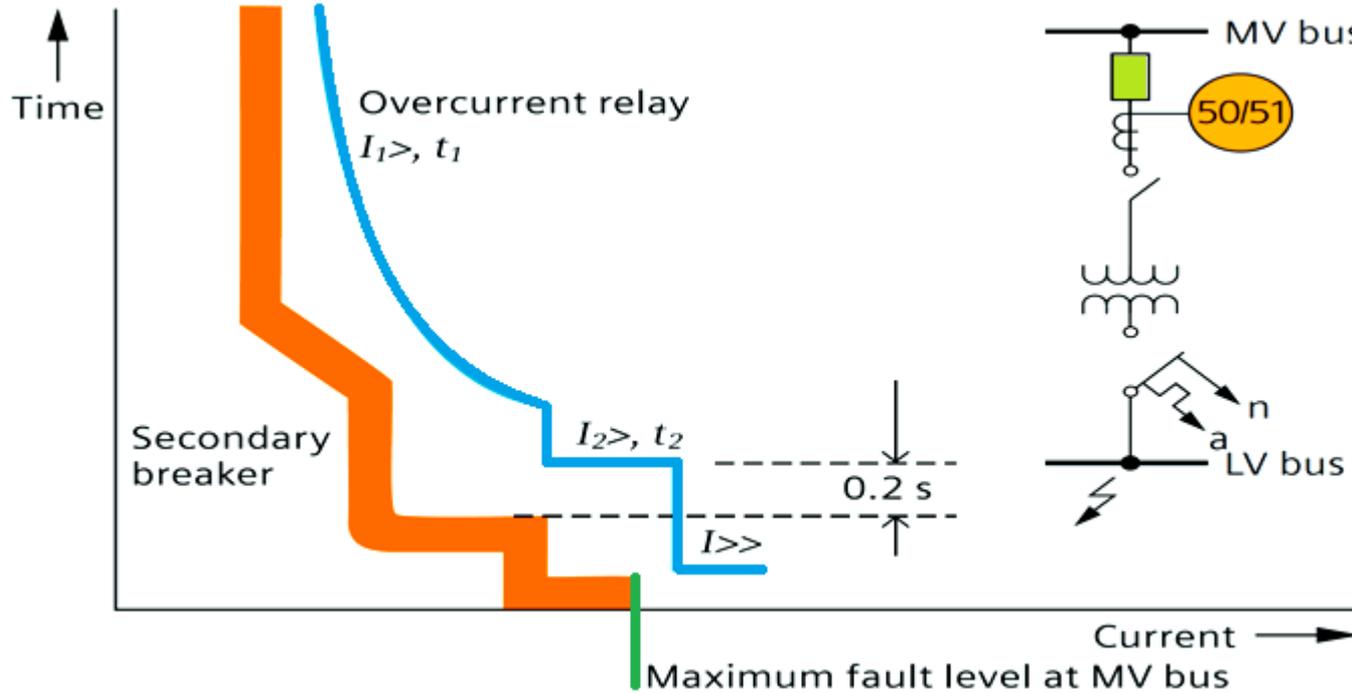
- > Una vez definida la zona de actuación de la unidad instantánea, el ajuste de la función 50P deberá ser satisfacer las 2 condiciones siguientes:

$$I_{50P} > I_{2\Phi ASIM} / RTC$$

$$I_{50P} > I_{INRUSH} / RTC$$

- > I_{50P} : función instantánea de fase.
- > I_{INRUSH} : es el valor de la corriente INRUSH de todos los transformadores del alimentador.
- > $I_{2\Phi ASIM}$: es la corriente de cortocircuito 2 ϕ asimétrico en el límite de la zona de protección de la unidad instantánea
- > R. T. C.: es la relación de transformación del T. C.

Protección de Transformadores de distribución



Protección de Transformadores

Cortocircuitos

Fusibles.		Elección de especificaciones según el método adecuado para el aparato en cuestión.
Máxima intensidad instantánea.	50	Umbral alto > I _{sc} aguas abajo.
Máxima intensidad de tiempo independiente.	51	Umbral bajo < 5 In. Temporización ≥ T aguas abajo + 0,3 segundos.
Máxima intensidad de tiempo dependiente.	51	Umbral bajo de T dep., selectivo con aguas abajo, aproximadamente 3 In.
Diferencial basado en porcentaje.	87T	Pendiente = 15% + rango de ajuste. Umbral mín. 30%.
Buchholz o gas y detección de presión.	63	Lógico.

Protección de Transformadores

Fallas a Tierra

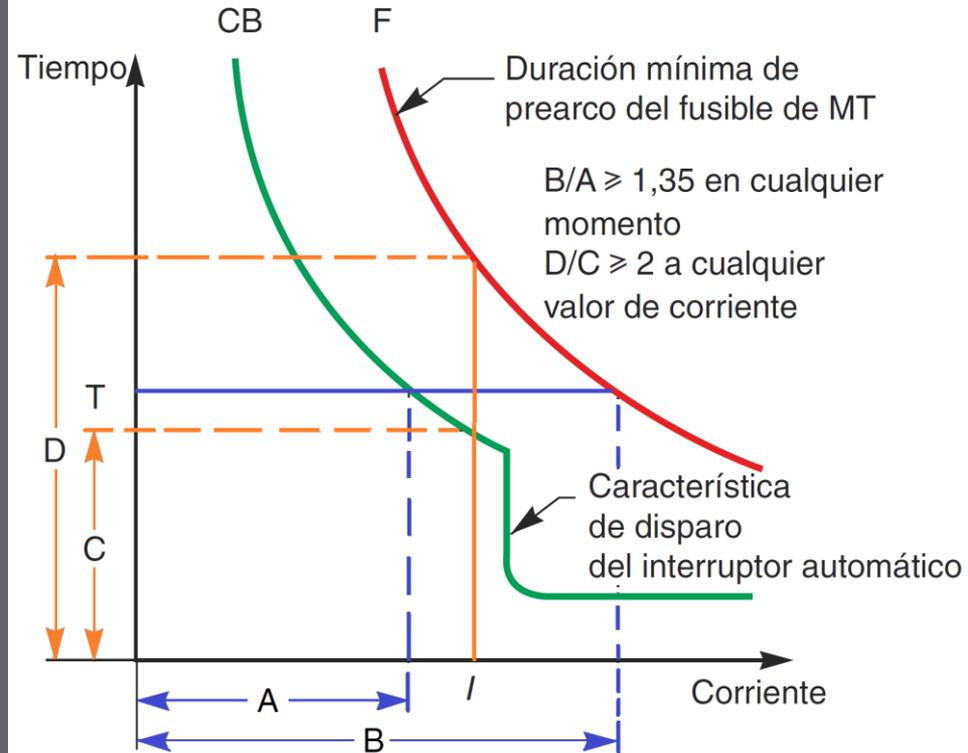
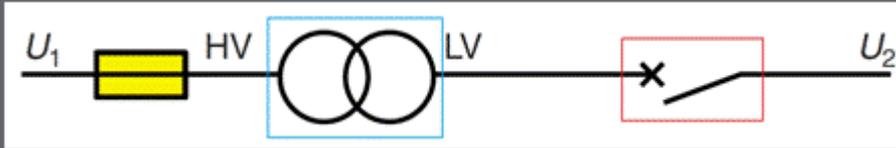
Máxima intensidad de armadura interior fija.	51G	Umbral > 20 A, temporización 0,1 segundo.
Fallo a tierra.	51N/51G	Umbral \leq 20% de corriente de defecto a tierra máxima y > 10% de especificaciones de TI (con 3 TI y retención de H2). Temporización de 0,1 segundo si la puesta a tierra está en el sistema eléctrico. Temporización según selectividad si la puesta a tierra está en el transformador.
Diferencial de fallo a tierra limitado.	64REF	Umbral 10% de I_n , sin temporización.
Fallo a tierra de punto neutro.	51G	Umbral < corriente de resistencia de limitación permanente.
Desplazamiento de tensión de neutro.	59N	Umbral aproximadamente el 10% de máxima tensión residual.

Protección de Transformadores

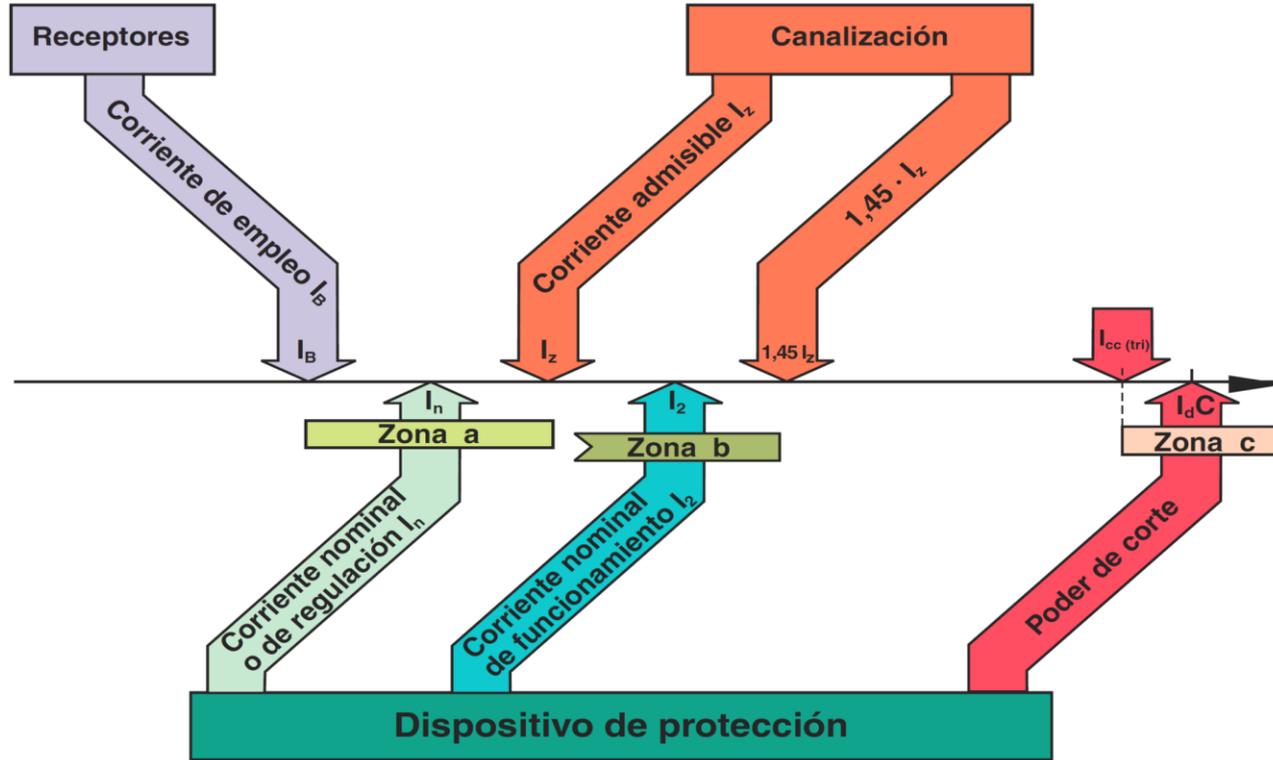
Sobrecargas

Supervisión de temperatura del dieléctrico (transformadores con aislamiento líquido).	26	Alarma a 95 °C; disparo a 100 °C.
Supervisión de temperatura de bobinado (transformadores de tipo seco).	49T	Alarma a 140 °C; disparo a 150 °C.
Sobrecarga térmica.	49RMS	Umbral de alarma = 100% de capacidad térmica utilizada. Umbral de disparo = 120% de capacidad térmica utilizada. Constante de tiempo en el rango de 10 a 30 minutos.
Disyuntor de baja tensión.		Umbral $\geq I_n$.

Protección de Transformadores de distribución



Protección de cables de energía



Protección de motores asíncronos

Fallos	Función de protección adecuada	Código ANSI	Información de ajuste
Fallos relacionados con las cargas que arrastran			
Sobrecargas	Máxima intensidad de tiempo dependiente.	50/51	Ajuste que permite el arranque.
	Sobrecarga térmica.	49RMS	Según las características de funcionamiento del motor (constante de tiempo en el rango de 10 a 20 minutos).
	Sondas de temperatura.	49T	Depende de la clase térmica del motor.
Arranque largo	Umbral de corriente temporizado.	48	Umbral en el rango de 2,5 In. Temporización: tiempo de arranque + algunos segundos.
Rotor bloqueado	Umbral de corriente temporizado.	51LR	Umbral: 2,5 In. Temporización: de 0,5 a 1 segundo.
Arranques sucesivos	Limitación del número de arranques.	66	Según el fabricante del motor.
Pérdida de carga	Mínima intensidad de fase.	37	Umbral en el rango del 70% de la corriente solicitada. Temporización: 1 segundo.
Variación de velocidad	Detección mecánica de máxima y mínima velocidad.	12, 14	Umbral \pm 5% de la velocidad nominal. Temporización de algunos segundos.

Protección de motores asíncronos

Fallos internos del motor				
Cortocircuitos entre fases	Fusibles.			Especificaciones que permiten arranques consecutivos.
	Máxima intensidad de tiempo independiente.		50/51	Umbral > 1,2 arranque I, temporización en el rango de 0,1 segundo (T indep.).
	Protección diferencial.		87M	Pendiente 50%, umbral del 5 al 15% de I _n , sin temporización.
Fallo de armadura del estator	Neutro conectado a tierra.	Fallo a tierra.	51N/51G	10% de la corriente máxima de fallo a tierra. Temporización en el rango de 0,1 segundo (T indep.).
	Neutro aislado.	Sistema eléctrico de baja capacidad. Desplazamiento de tensión de neutro.	59N	Umbral = 30% de V _n .
		Alta capacidad. Fallo a tierra direccional.	67N	Umbral mínimo según sensor.
Fallo de armadura del rotor	Dispositivo de supervisión del aislamiento.			
Recalentamiento de cojinetes	Medida de temperatura.		38	Según instrucciones del fabricante.

Protección de motores asíncronos

Fallos de alimentación			
Pérdida de alimentación	Retorno potencia activa.	32P	Umbral 5% de S_n . Temporización: 1 segundo.
Mínimo de tensión	Mínima tensión directa.	27D	Umbral de 0,75 a 0,80 U_n . Temporización en el rango de 1 segundo.
Desequilibrio	Máximo de componente inversa.	46	<ul style="list-style-type: none"> ● Tiempo independiente: $I_{s1} = 20\% I_n$, temporización = tiempo de arranque + algunos segundos. $I_{s2} = 40\% I_n$, temporización de 0,5 segundos. ● Tiempo dependiente: $I_s = 10\% I_n$, tiempo de disparo en $0,3 I_n >$ tiempo de arranque.
Dirección de rotación	Dirección de rotación de fase.	47	Umbral de tensión inversa al 40% de U_n .
Realimentación	Mínima tensión remanente.	27R	Umbral < 20 del 20 al 25% de U_n . Temporización en el rango de 0,1 segundo.

Protección de motores de inducción

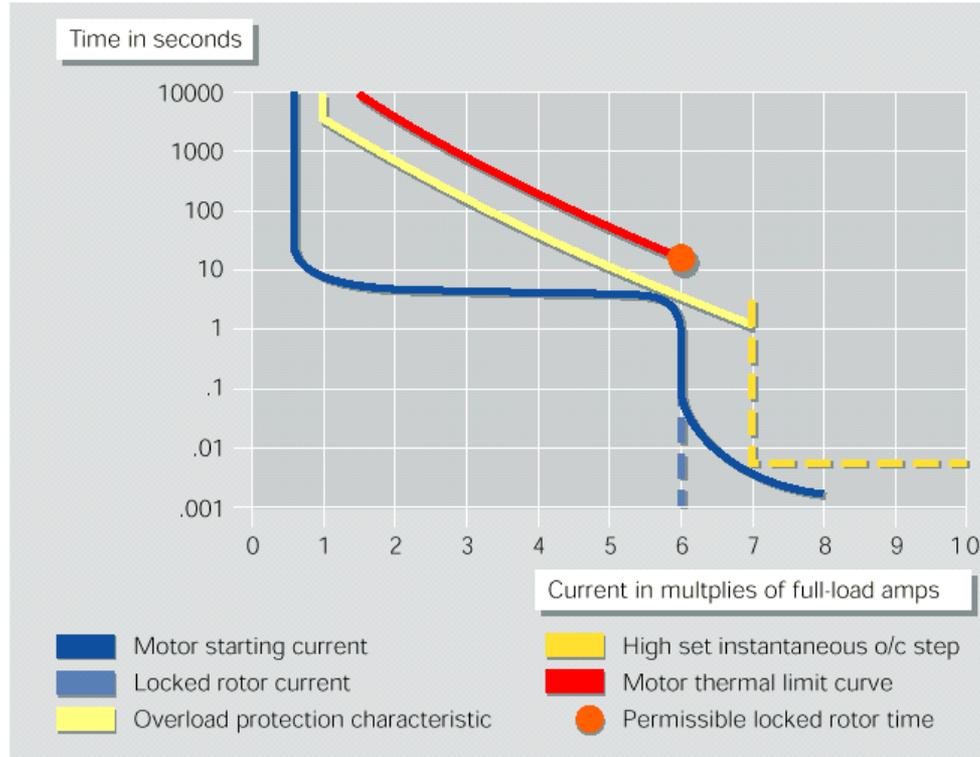
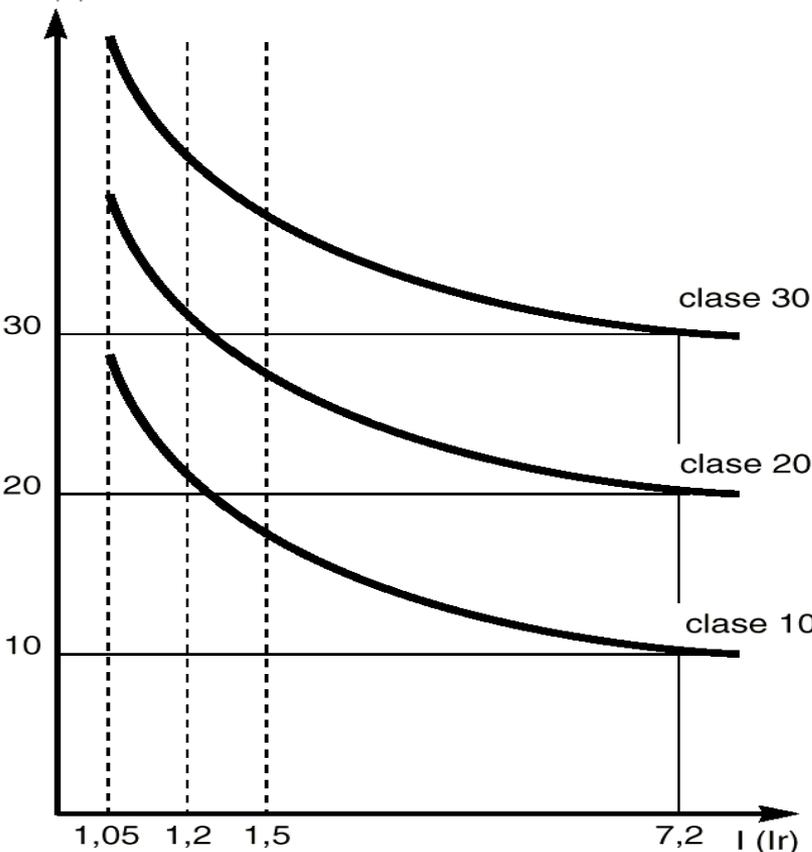
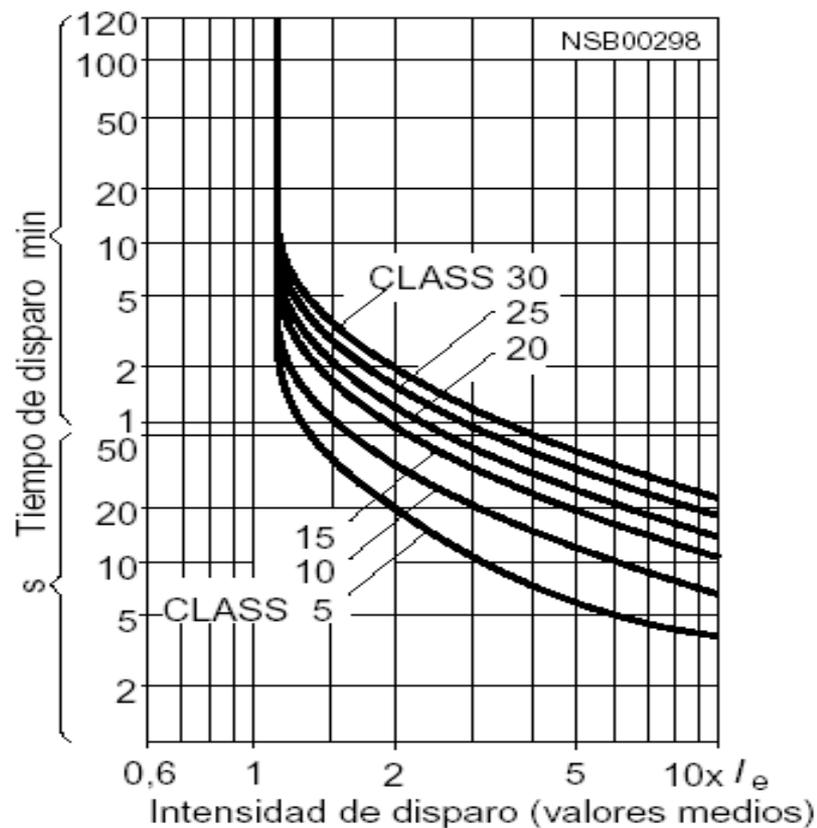


Fig. 71: Typical motor current-time characteristics

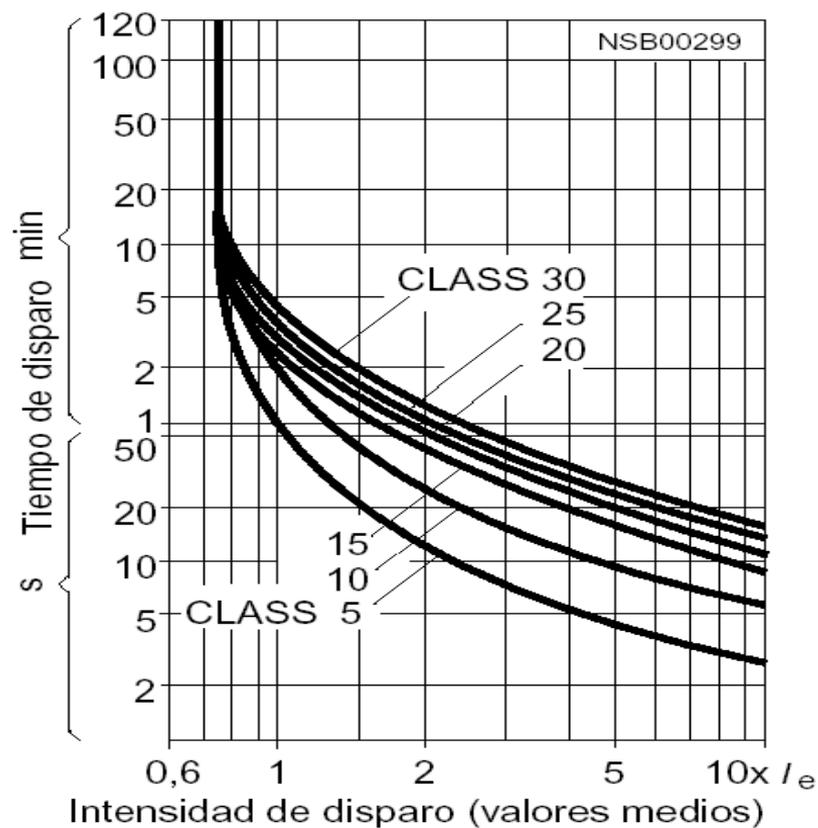
Clase de relé térmico



Curva característica de disparo para carga tripolar



Curva característica de disparo para carga bipolar



Protección de Generadores síncronos

Fallos	Función de protección adecuada		Código ANSI	Información de ajuste
Fallos relacionados con máquinas motrices				
Sobrecargas	Máxima intensidad.		51	En umbral, curva de T dep.
	Sobrecarga térmica.		49RMS	Según características de funcionamiento del generador: capacidad térmica máxima utilizada del 115 al 120%.
	Sondas de temperatura.		49T	Depende de la clase térmica del generador.
Funcionamiento como motor	Máxima potencia activa direccional.		32P	Umbral del 5% de Sn (turbina) al 20% de Sn (diesel). Temporización de algunos segundos.
Variación de velocidad	Detección mecánica de máxima y mínima velocidad.		12, 14	Umbral $\pm 5\%$ de la velocidad nominal. Temporización de algunos segundos.
Fallos del sistema de alimentación				
Cortocircuitos externos	Con corriente mantenida a 3 In.	Máxima intensidad.	51	Umbral 2 In. Temporización para selectividad con protección aguas abajo.
	Sin corriente mantenida a 3 In.	Máxima intensidad por retención de tensión.	51V	Umbral 1,2 In. Temporización para selectividad con protección aguas abajo.
		Mínima impedancia (de reserva).	21B	Unos 0,3 Zn. Temporización para selectividad con protección aguas abajo.
Puesta en tensión involuntaria	Puesta en tensión involuntaria.		50/27	Umbral de corriente = 10% de generador In. Umbral de tensión = 80% de Un. Tiempo de prohibición después de mínimo de tensión = 5 segundos. Tiempo de aparición de corriente mínima tras aparición de tensión = 250 ms.

Protección de Generadores síncronos

Fallos internos y control del generador				
Cortocircuitos entre fases	Diferencial de alta impedancia.		87G	Umbral del 5 al 15% de I_n . Sin temporización.
	Diferencial basado en porcentaje.		87G	Pendiente 50%, umbral del 5 al 15% de I_n . Sin temporización.
	Máxima intensidad de fase direccional.		67	Umbral I_n . Temporización según selectividad con otras fuentes.
Desequilibrio	Máximo de componente inversa.		46	Umbral 15% de I_n . Temporización de algunos segundos.
Fallo de armadura del estator	Si el neutro está conectado a tierra en el estator del generador.	Fallo a tierra.	51G	Umbral = 10% de la corriente máxima de fallo a tierra. Temporización para selectividad con protección aguas abajo
		Diferencial de fallo a tierra restringida.	64REF	Umbral 10% de I_n . Sin temporización.
	Si el neutro está en impedancia en el estator del generador.	100% estator.	64G/59N	Umbral $V_{rds} = 30\%$ de V_n . Temporización de 5 segundos.
			64G/27TN	Umbral adaptable = 15% del V_{rds} del 3. ^{er} armónico.
	Si el neutro está conectado a tierra en el sistema eléctrico.	Fallo a tierra en el lado del disyuntor del generador.	51N/51G	Umbral del 10 al 20% de la corriente máxima de fallo a tierra. Temporización en el rango de 0,1 segundo.
		Desplazamiento de tensión de neutro si el generador está desacoplado.	59N	Umbral $V_{rds} = 30\%$ de V_n . Temporización de algunos segundos.
	Si el neutro está aislado.	Desplazamiento de tensión de neutro.	59N	Umbral $V_{rds} = 30\%$ de V_n . Temporización de algunos segundos.

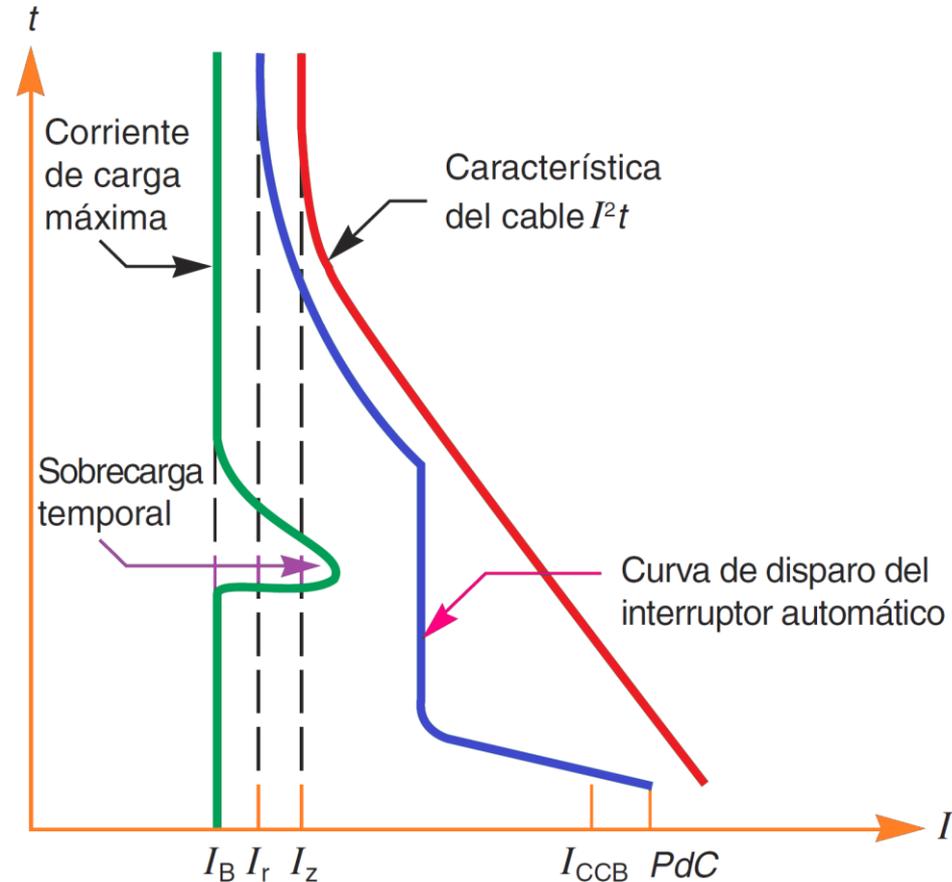
Protección de Generadores síncronos

Fallo de armadura del rotor	Dispositivo de supervisión del aislamiento.		
Pérdida de campo	Máxima potencia reactiva direccional.	32Q	Umbral 30% de Sn. Temporización: 1 segundo.
	Mínima impedancia.	40	Xa = 0,15 Zn, Xb = 1,15 Zn, Xc = 2,35 Zn. Temporización de círculo Zn: 0,1 segundo. Temporización de círculo Xd: selectividad con protección aguas abajo.
Deslizamiento de polos	Pérdida de sincronismo.	78PS	Criterio de igual área: temporización de 0,3 segundos. Criterio de variación de potencia: 2 revoluciones, 10 segundos entre 2 variaciones de potencia.
Regulación de tensión	Máxima tensión.	59	Umbral 110% de Un. Temporización de algunos segundos.
	Mínima tensión.	27	Umbral 80% de Un. Temporización de algunos segundos.
Regulación de frecuencia	Máxima frecuencia.	81H	Umbral + 2 Hz de frecuencia nominal.
	Mínima frecuencia.	81L	Umbral - 2 Hz de frecuencia nominal.
Recalentamiento de cojinetes	Sondas de temperatura.	38	Según instrucciones del fabricante.
Gestión de la alimentación	Mínima potencia activa direccional.	37P	Según la aplicación.

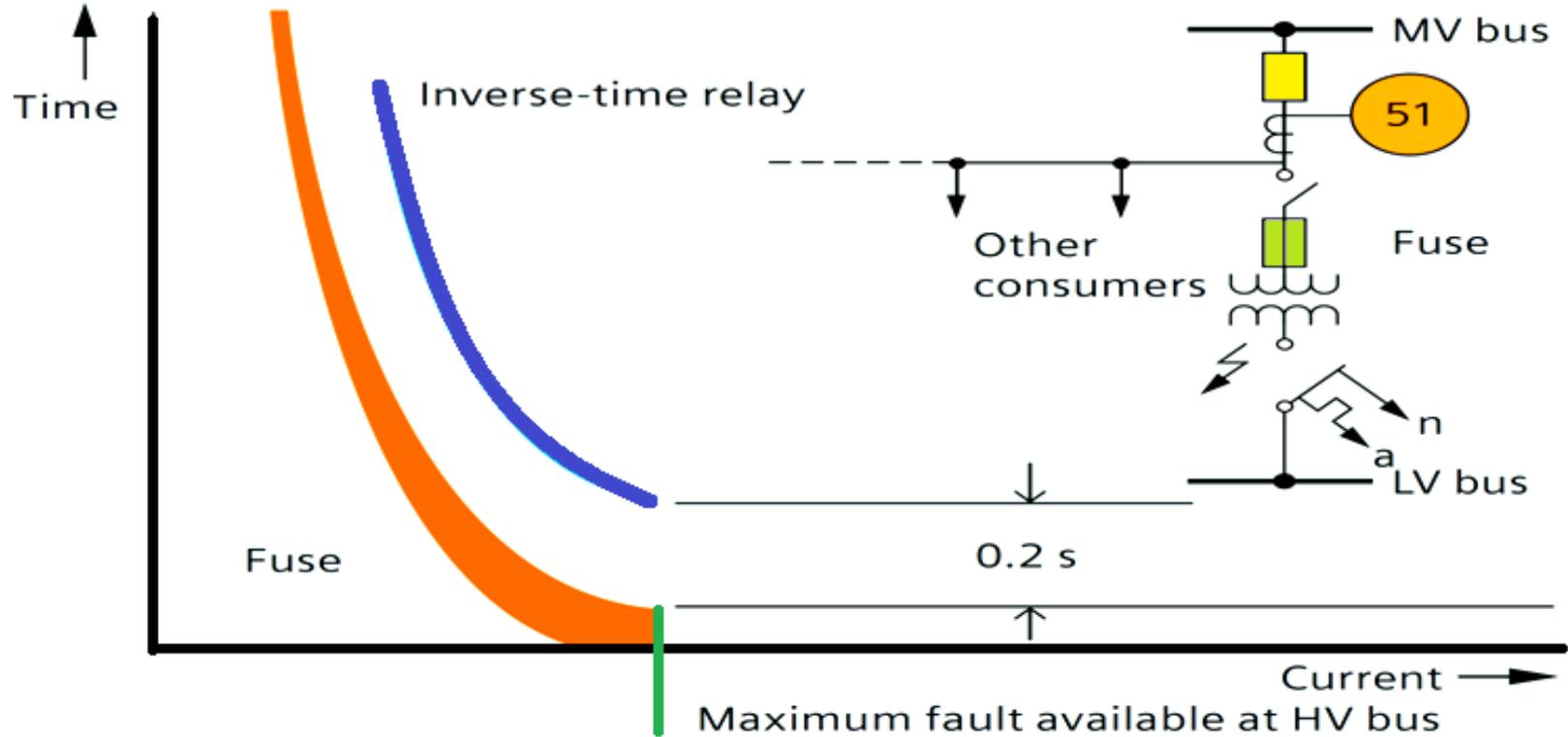
5. Coordinación de protección

Coordinación de la Protección

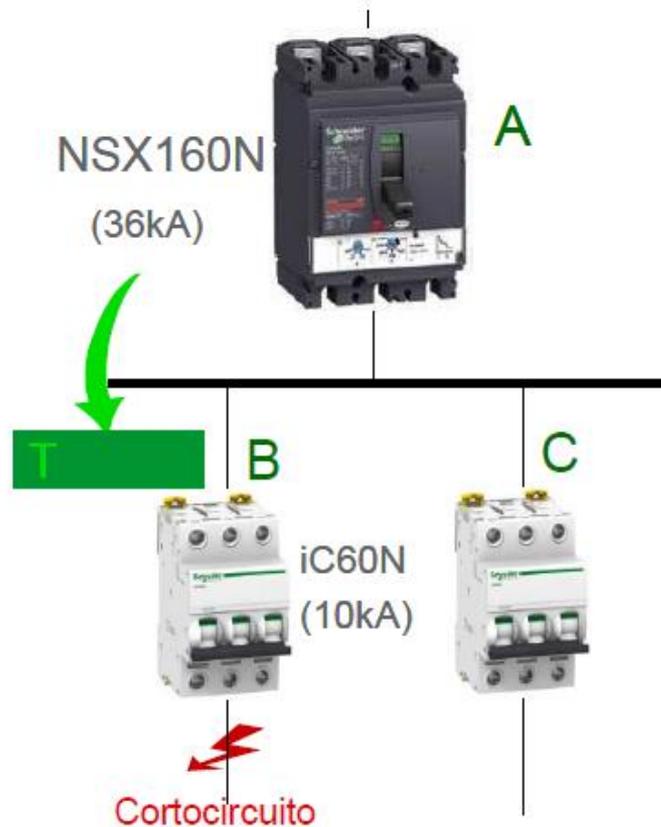
Curva característica de la protección de sobrecorriente por debajo de curva de daño del elemento protegido y por arriba de las corrientes permisibles



Coordinación Relé – Fusible MT



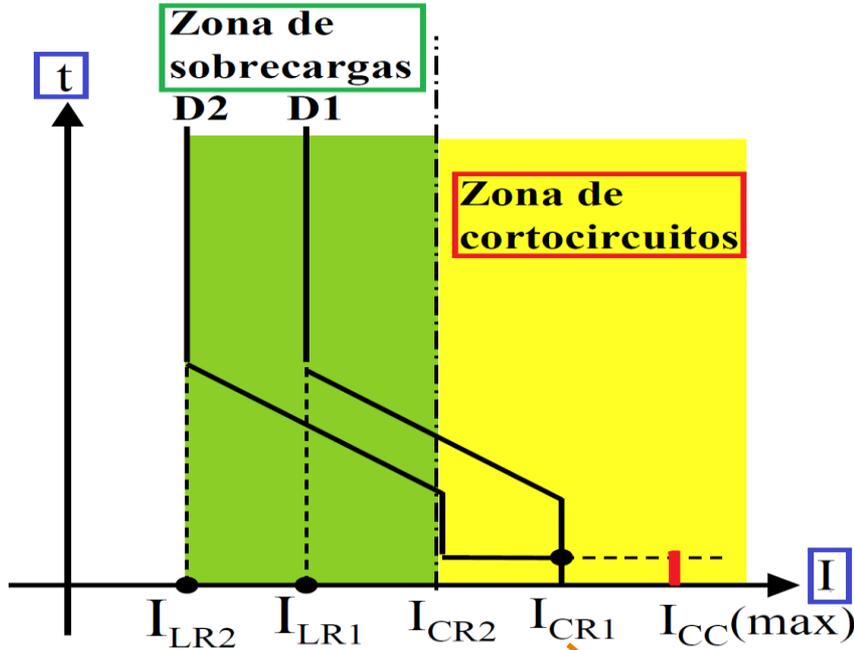
Selectividad



- Permite que el defecto sea eliminado por el termo magnético colocado inmediatamente aguas arriba de la falla (B)
- Garantiza la continuidad del servicio (A y C)
- Puede ser parcial o total (T)

Selectividad amperimétrica

Schneider electric brinda tablas de selectividad



Para la gama “NS” esta asegurada la selectividad si:

$$I_{LR1} \geq 1,3 \times I_{LR2}$$

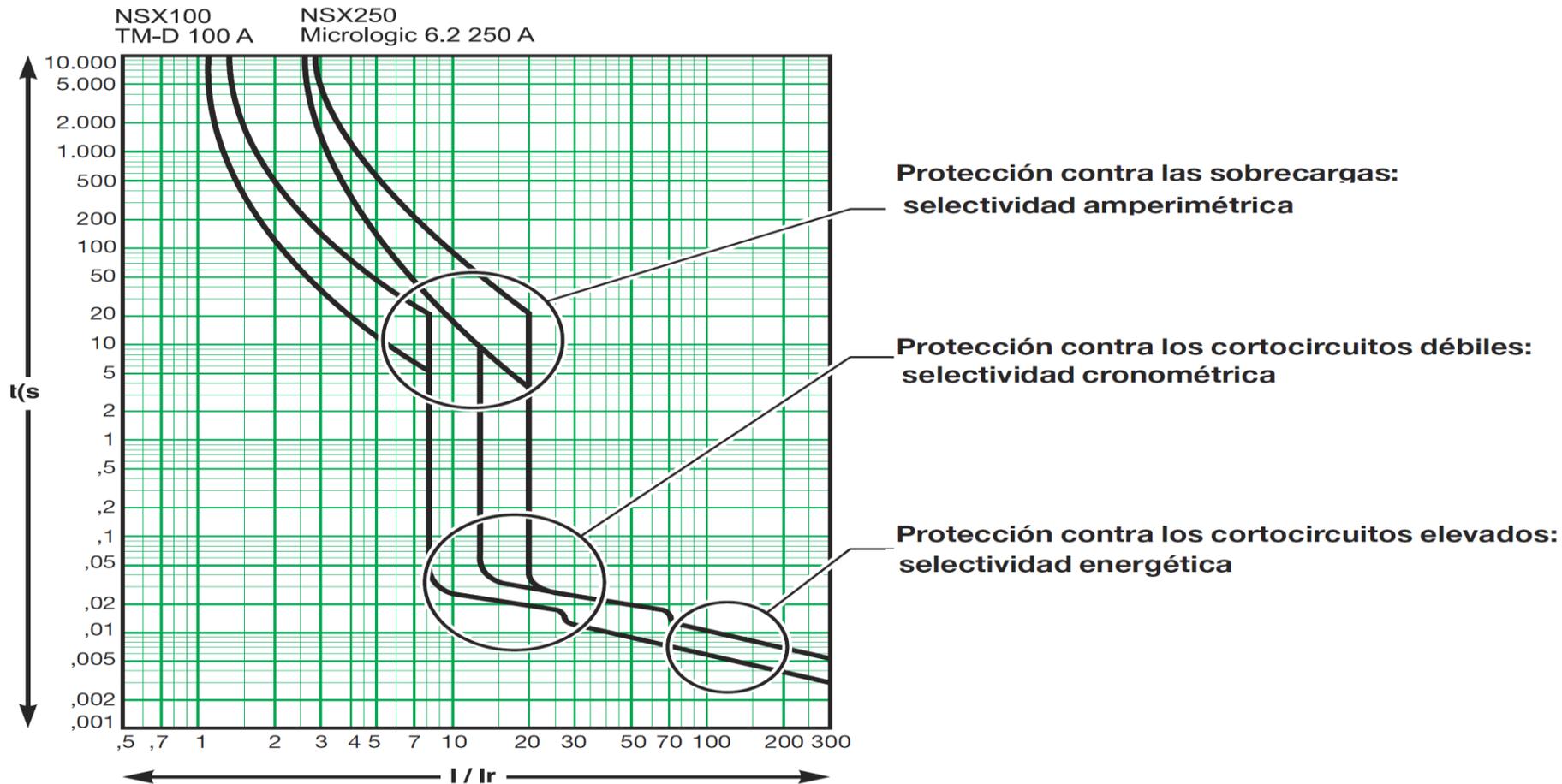
$$I_{CR1} \geq 1,5 \times I_{CR2}$$

Los interruptores riel DIN (acti9) usan la selectividad amperimétrica.

Límite de selectividad (parcial)

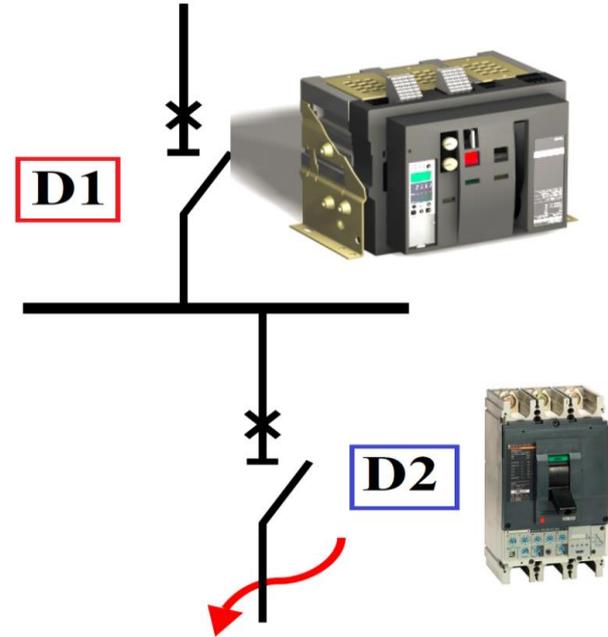
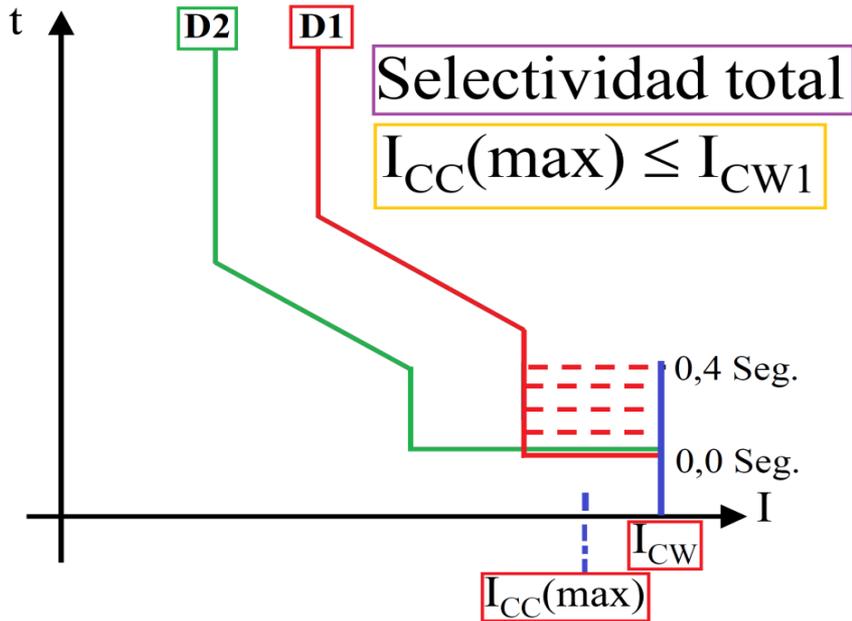
Life Is On

Schneider
Electric

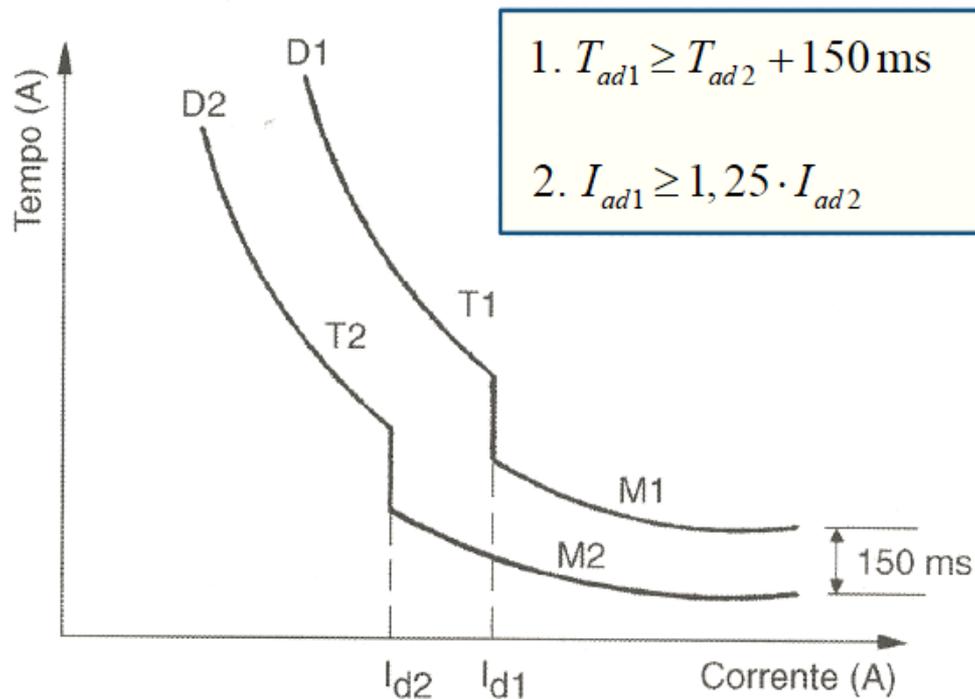
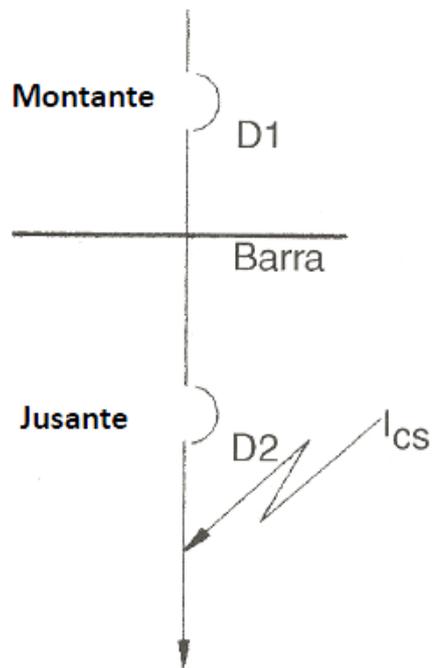


Selectividad cronométrica

Al disparo del aparato de aguas arriba se le aplica un retardo breve; el del aparato de aguas abajo es más rápido.



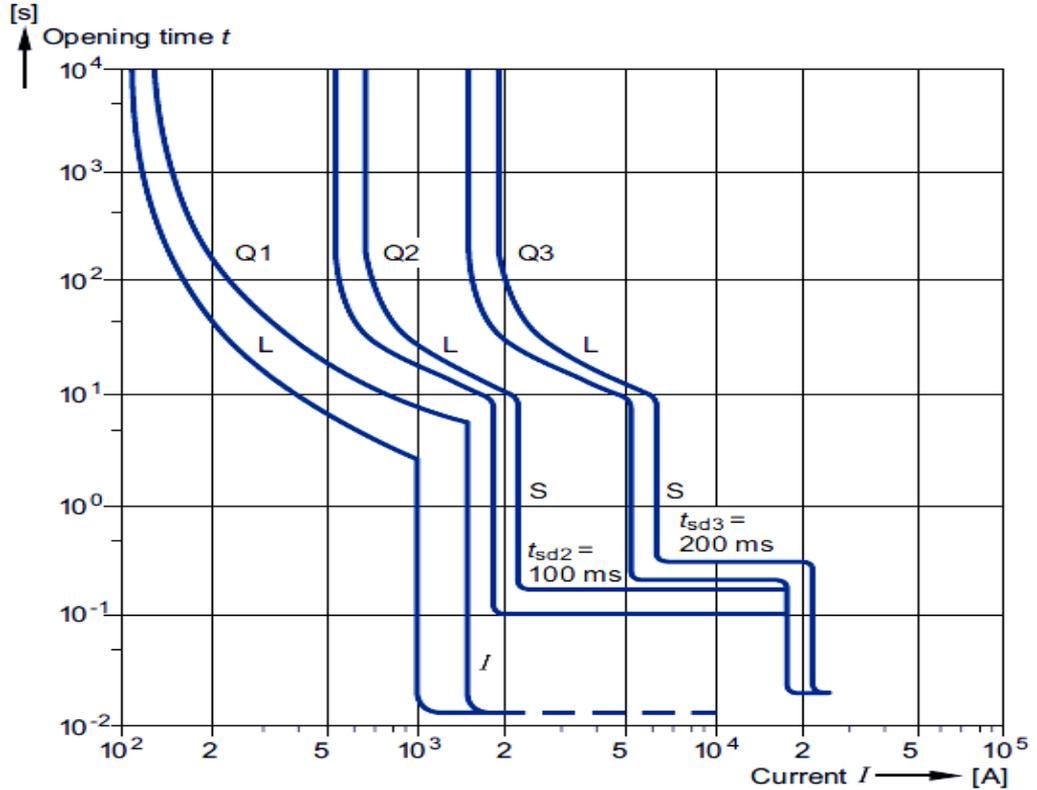
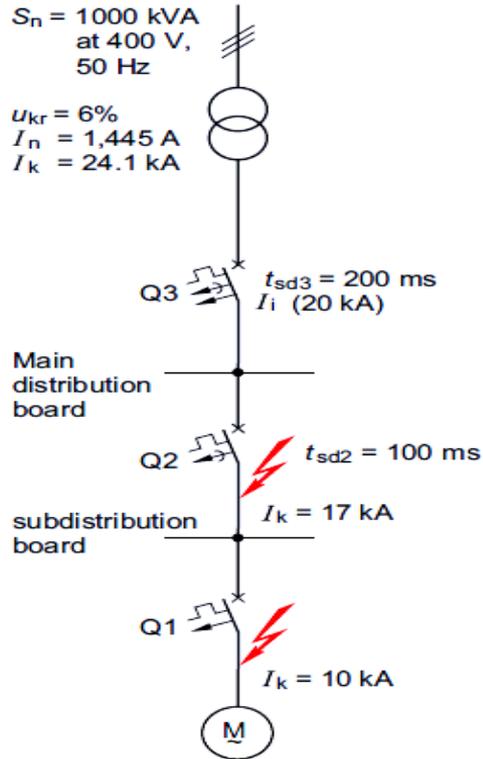
Coordinación entre CB de BT



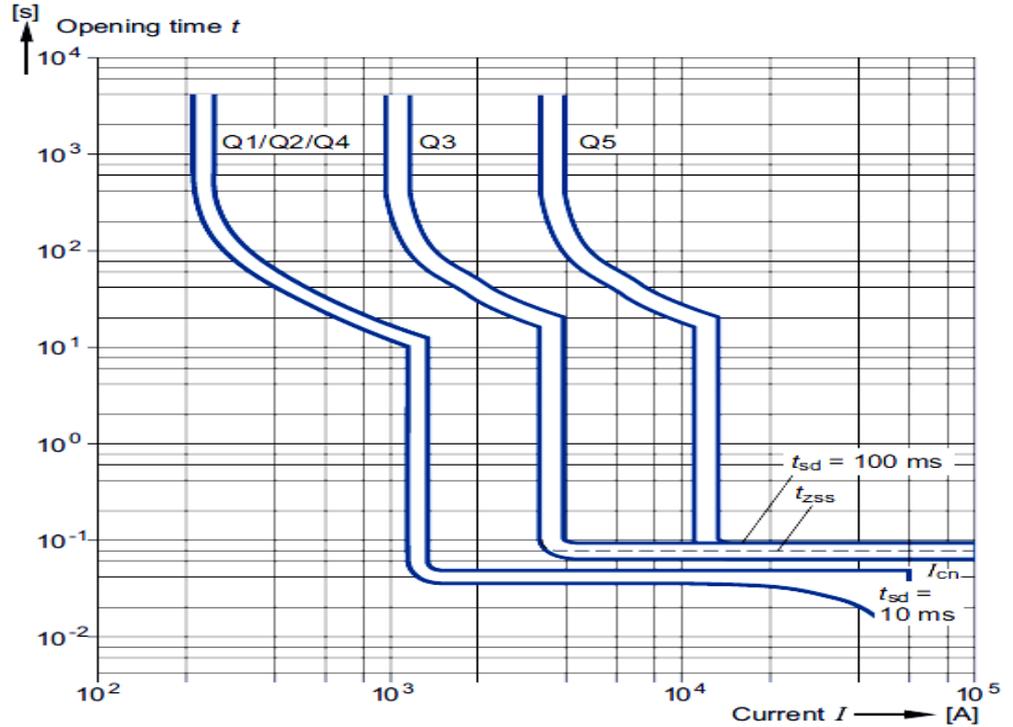
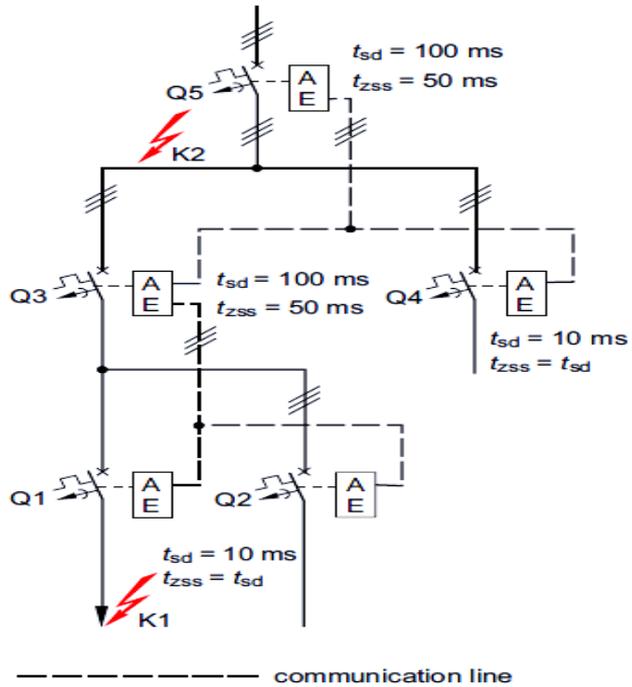
Coordinación CB - BT

$S_n = 1000 \text{ kVA}$
at 400 V,
50 Hz

$u_{kr} = 6\%$
 $I_n = 1,445 \text{ A}$
 $I_k = 24.1 \text{ kA}$



Coordinación CB - BT

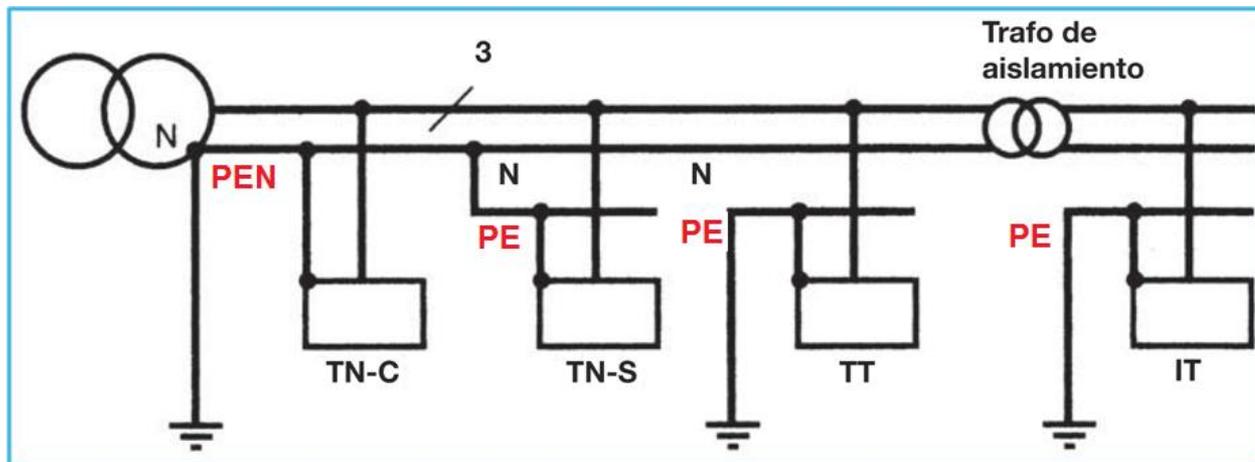


6. Tratamiento del neutro

Compatibilidad entre los esquemas

Es posible alimentar desde un mismo transformador distintas instalaciones realizadas bajo diferentes regímenes de neutro, bajo las siguientes condiciones:

Que los regímenes utilizados sean TN y TT. IT sólo si este sistema está separado de los demás mediante transformador de aislamiento.



Compatibilidad entre los esquemas

1. Que cada instalación posea su propio conductor de protección.
2. Que el conductor **PEN** de cada instalación realizada en régimen **TN** esté conectado a tierra y al neutro del transformador después de su propio dispositivo general de protección.
3. Que cada instalación (edificio o planta) disponga de una red de tierra equipotencial.
4. Que el neutro, las masas y los conductores **PE** de la misma instalación (edificio o planta) se conecten a una misma toma de tierra o a varias interconectadas.

En una misma instalación:

Es posible

- Pasar de un TN-C a un TN-S
- Pasar de un TN-C o un TN-S a un TT (las masas (PE) no están conectadas al conductor de protección PEN y sí a la tierra)
- Pasar de un TN-C o un TN-S a un IT siempre a través de un transformador de aislamiento

No es posible

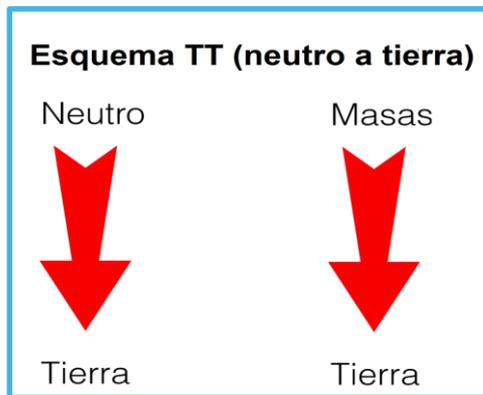
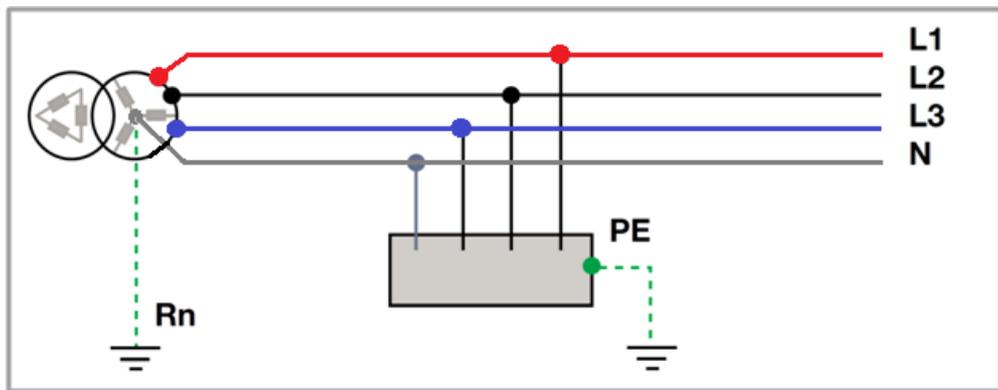
- Pasar de un TN-S a un TN-C

Selección del interruptor automático

Dónde utilizar los distintos tipos de interruptor automático:	TN-C	TN-S	TT	IT
Interruptor automático 1+N (1 polo protegido)	NO	SÍ	SÍ	NO
Interruptor automático bipolar (2 polos protegidos)	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Circuitos trifásicos sin neutro				
Interruptor automático tripolar (neutro no distribuido)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Circuitos trifásicos con neutro				
Interruptor automático tetrapolar (3 polos protegidos)	NO	SÍ	SÍ	NO
Interruptor automático tripolar (neutro sin cortar)	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Interruptor automático tetrapolar (neutro protegido)	NO	SÍ	SÍ	SÍ

Instalación régimen TT

Es utilizado por parte de las compañías eléctricas, este esquema tiene un punto de la alimentación, generalmente el neutro, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



Régimen TT

Técnica de funcionamiento: Desconexión al primer defecto.

Técnica de protección: Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas.

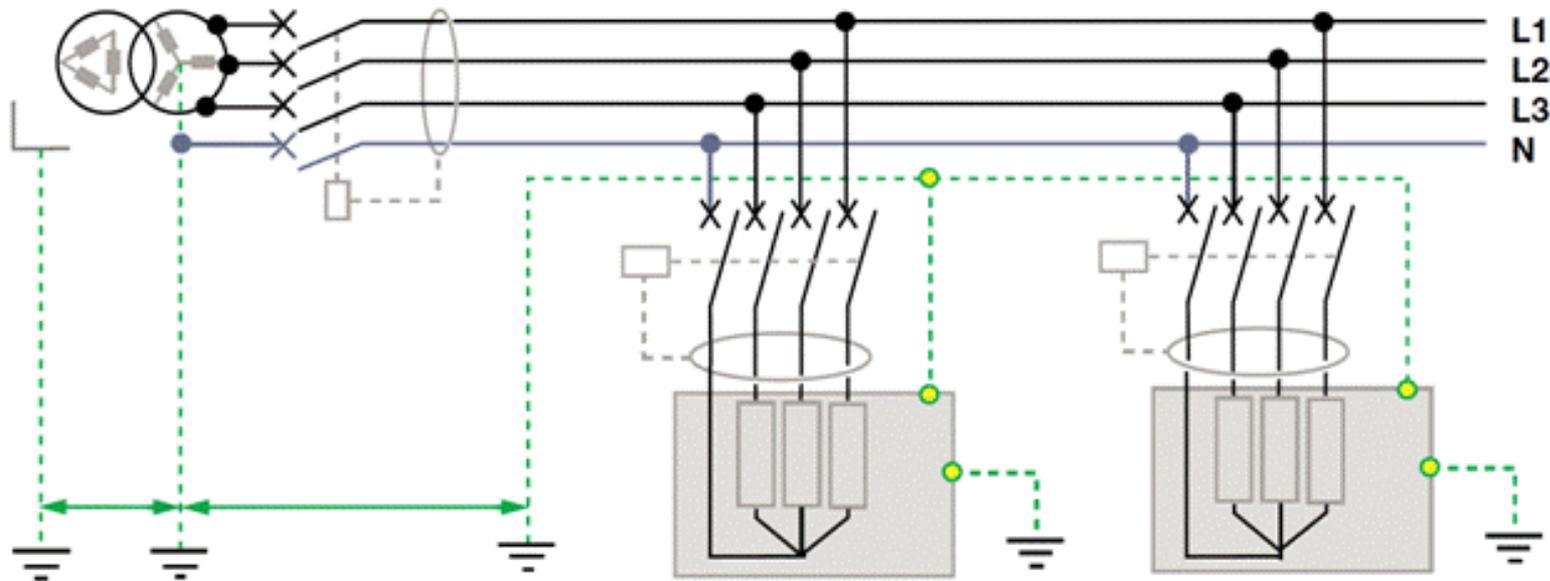
Desconexión: Por interruptores diferenciales.

Seccionamiento del neutro: Obligatorio.

Usos: General. Red de distribución pública.

Aplicación: Indicado en locales con riesgo de incendio o explosión.

Instalación régimen TT



Instalación régimen TN

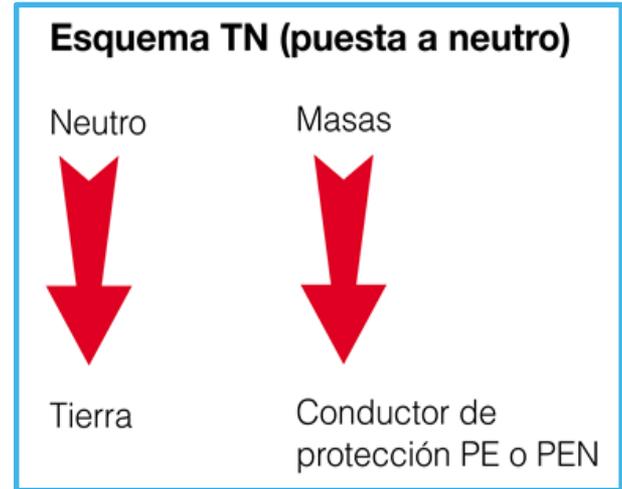
Principio de protección en esquema TN: asegurar que la $I_d = U_0/Z_s$ es suficiente para activar la desconexión de las protecciones de sobrecorriente (interruptores automáticos o fusibles), en el tiempo adecuado.

Características:

El neutro, es conectado directamente a tierra.

Las masas de la instalación son conectadas a este punto por el conductor de protección (PE o PEN).

Tres tipos de esquemas: **TN-S**, **el TN-C** y **TN-C-S**



Instalación régimen TN

La longitud máxima de un circuito TN

$$L_{\text{máx.}} = \frac{0,8 U_o S_{\text{ph}}}{\rho(1+m)I_a}$$

$$m = \frac{S_{\text{ph}}}{S_{\text{PE}}}$$

SPE = sección del conductor PE en mm².

S1 = neutro S si el circuito incluye un conductor neutro.

S1 = Sph si el circuito no incluye un conductor neutro.

Lmáx. = circuito de mayor longitud en metros.

Uo = tensión de fase a neutro (230 V en un esquema de 230/400 V).

ρ = resistividad a temperatura de funcionamiento normal (22,5 × 10⁻³ ohmios-mm²/m para cobre, 36 × 10⁻³ ohmios-mm²/m para aluminio).

Ia = nivel de ajuste de disparo de máxima intensidad en amperios.

Instalación régimen TN

Tiempo de desconexión máximo especificado

Según IEC 60364-4-41: el tiempo de funcionamiento máximo de los dispositivos de protección utilizados en el esquema TN para la **protección contra los contactos indirectos**:

- Para todos los circuitos finales $I_N \leq 32$ A

$U_o^{(1)}$ (V)	T (s)
$50 < U_o \leq 120$	0,8
$120 < U_o \leq 230$	0,4
$230 < U_o \leq 400$	0,2
$U_o > 400$	0,1

(1) U_o es la tensión nominal fase-tierra.

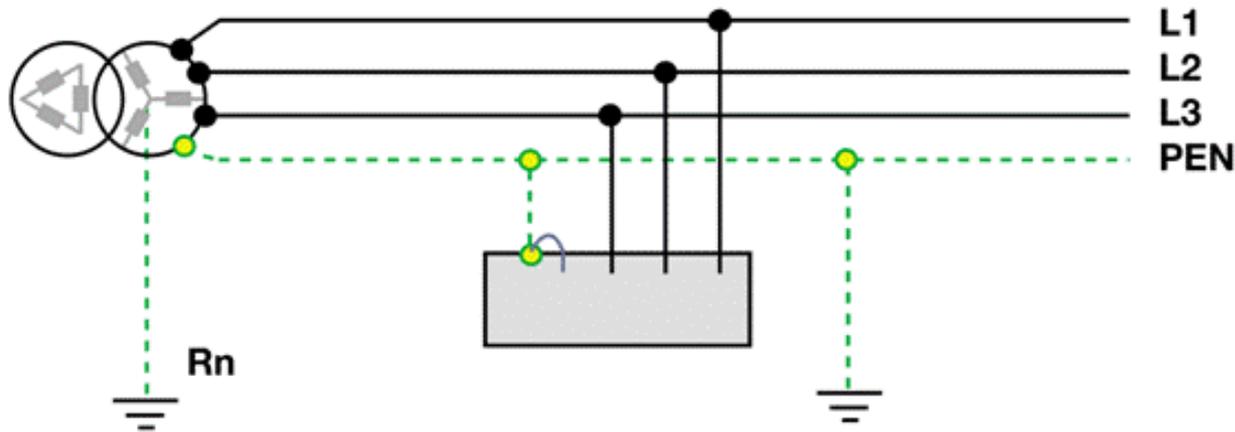
- Para todos los demás circuitos, el tiempo de desconexión máximo se fija en 5 s.

Comprobar que :

Corriente de defecto (I_d) > Ajuste de la corriente de la unidad retardo breve o instantáneo (I_m).

Instalación régimen TN-C

El conductor de protección (PE) y el conductor neutro (N), físicamente, son el mismo conductor denominado PEN.



Instalación régimen TN-C

Este esquema es inadecuado para las secciones $<10 \text{ mm}^2$ y para las canalizaciones móviles.

Los esquemas TN-C necesitan la creación de un sistema equipotencial para evitar la subida de tensión de las masas y los elementos conductores.

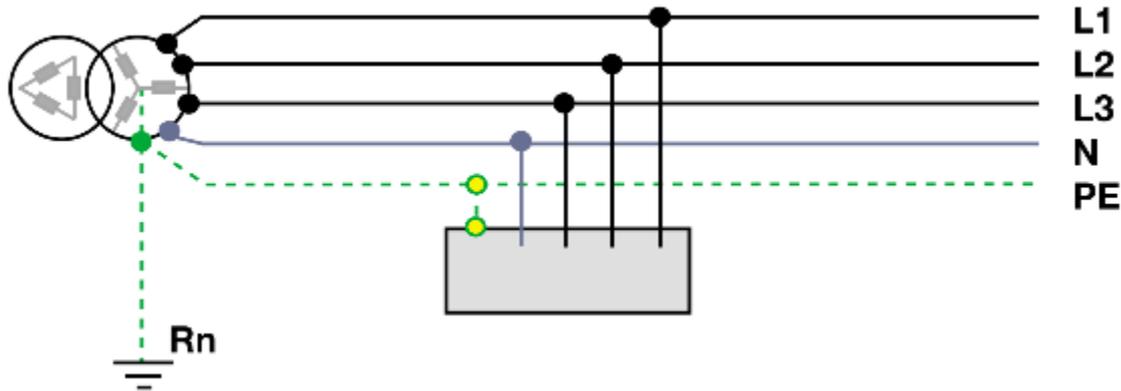
Es como consecuencia necesario unir el conductor PEN a varias tomas de tierra repartidas en la instalación.

Instalación régimen TN-C

Atención: en los esquemas TN-C, la función “conductor de protección” es prioritaria a la función de conductor “neutro”. En particular un conductor “PEN” debe estar siempre conectado al borne de “tierra” de una carga y un puente entre este borne y el neutro.

Instalación régimen TN-S

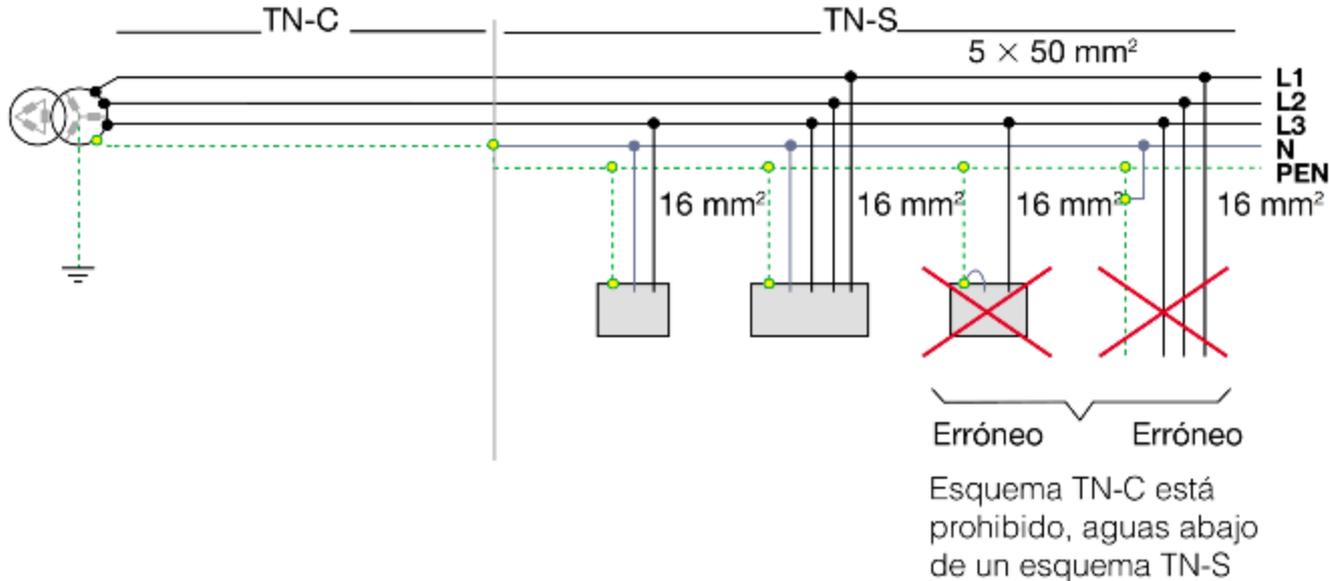
Conductor de protección (PE) y el conductor neutro (N) son distintos.
Las masas se conectan al conductor de protección PE.



Es obligatorio para los circuitos de sección inferior a 10 mm^2 de Cu y 16 mm^2 de Al para las canalizaciones móviles.

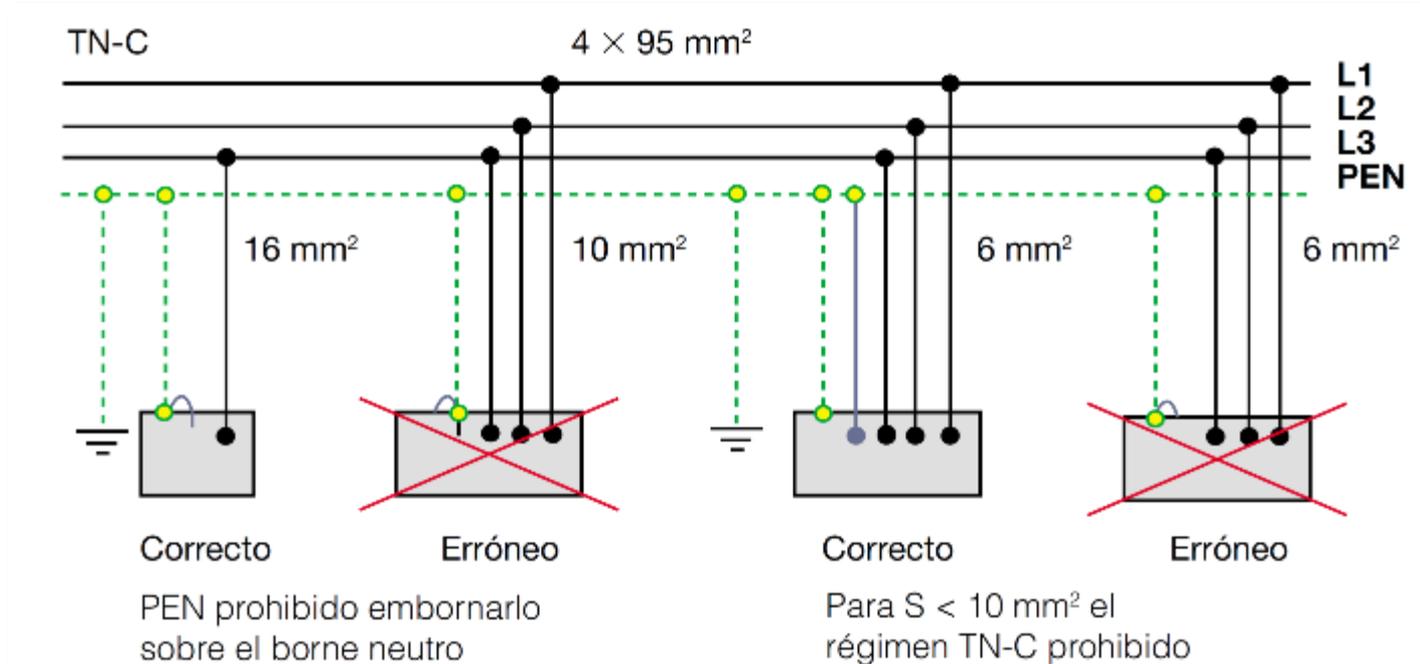
Instalación régimen TN-C/S

Los esquemas TN-C y TN-S pueden ser utilizados en una misma instalación.



Instalación régimen TN-C

Forma de embornar el conductor PEN en un esquema TN-C.



Régimen TN- C-S

Técnica de funcionamiento: Desconexión al primer defecto.

Técnica de protección: Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas. Puestas a tierra uniformemente repartidas.

Desconexión: Por protectores de sobreintensidad.

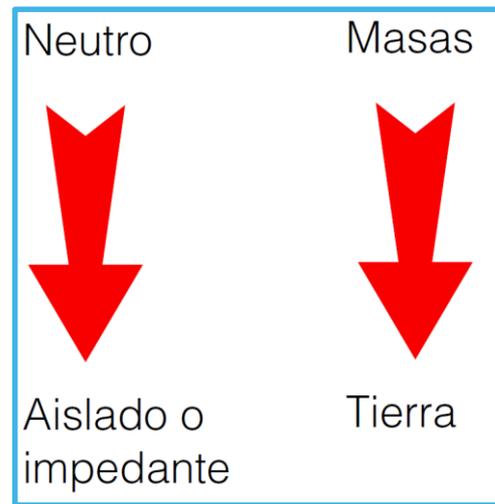
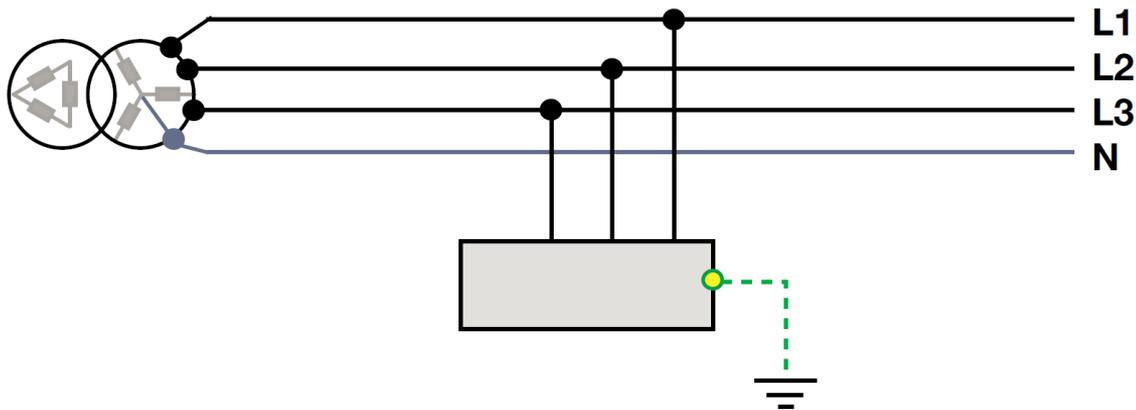
Usos: Instalaciones temporales y de emergencia

Aplicación: TN-C desaconsejado en presencia de armónicos (tercero y múltiplos de 3), que provocan una falta de equipotencialidad en el PEN y en las estructuras metálicas.

Instalación régimen IT (neutro aislado)

No hay conexión eléctrica, directa entre el neutro (N) y la tierra (T).

Las masas componentes de la instalación eléctrica están unidas a una toma de tierra.



Instalación régimen IT (neutro aislado)

Técnica de funcionamiento: Señalización del primer defecto.
Desconexión al segundo defecto.

Técnica de protección: Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas. Desconexión al segundo defecto.

Desconexión: Por protectores de sobreintensidad.

Limitadores de sobretensión: Obligatorio

Usos: Quirófanos y procesos industriales con exigencia de continuidad en el servicio

Aplicación: Indicado en locales con riesgo de incendio o explosión.

Instalación régimen IT (neutro aislado)

Las reglas de filiación no se pueden aplicar en el caso IT debido al doble defecto de aislamiento.

Las reglas a utilizar son las que siguen : ‰

- el interruptor automático debe tener $I_{CU} \geq I_{3km\acute{a}x}$, ‰
- en caso de doble defecto presunto, se establece que:

$$I_{2KM\acute{A}X} \leq 15\% I_{K3M\acute{A}X} \quad (\text{Para } I_{K3M\acute{A}X} \leq 10\text{kA})$$

$$I_{2KM\acute{A}X} \leq 25\% I_{K3M\acute{A}X} \quad (\text{Para } I_{K3M\acute{A}X} > 10\text{kA})$$

Instalación régimen IT (neutro aislado)

La longitud máxima de un circuito IT

■ Para un esquema trifásico de tres cables

$$L_{\text{máx.}} = \frac{0,8 U_0 \sqrt{3} S_{\text{ph}}}{2 \rho I_a (1+m)}$$

■ Para un esquema trifásico de cuatro cables

$$L_{\text{máx.}} = \frac{0,8 U_0 S_1}{2 \rho I_a (1+m)}$$

$$m = \frac{S_{\text{ph}}}{S_{\text{PE}}}$$

SPE = sección del conductor PE en mm².

S1 = neutro S si el circuito incluye un conductor neutro.

S1 = Sph si el circuito no incluye un conductor neutro.

Lmáx. = circuito de mayor longitud en metros.

U₀ = tensión de fase a neutro (230 V en un esquema de 230/400 V).

ρ = resistividad a temperatura de funcionamiento normal (22,5 × 10⁻³ ohmios-mm²/m para cobre, 36 × 10⁻³ ohmios-mm²/m para aluminio).

I_a = nivel de ajuste de disparo de máxima intensidad en amperios.

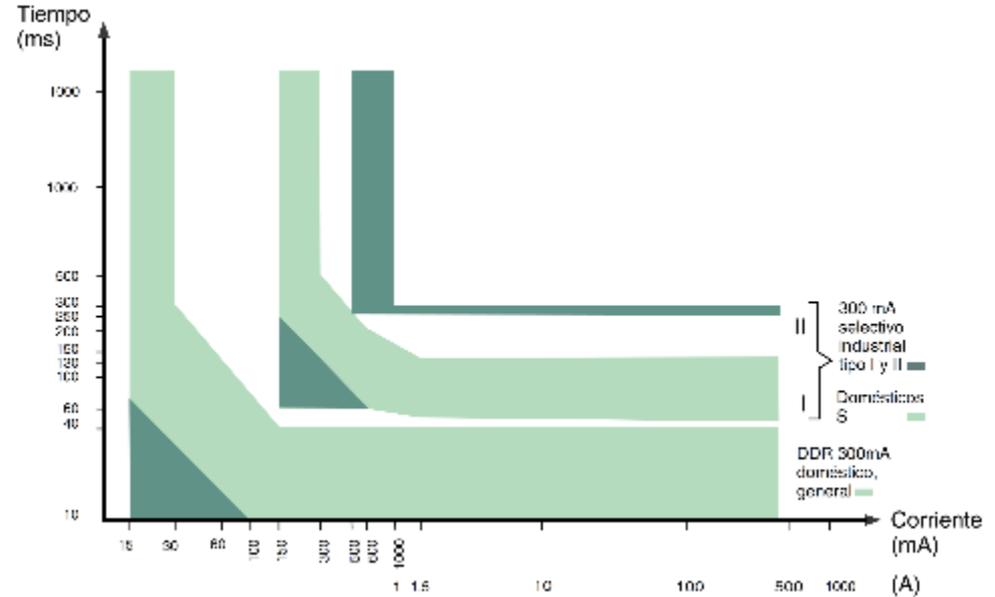
	TT	TN-C	TN-S	IT
Seguridad de las personas	Bueno Protección dif. obligatoria	Bueno Vigilar y garantizar la continuidad del conductor PE al ampliar la instalación		
Seguridad bienes	Bueno	Malo	Malo	Bueno
Riesgos de incendio		Malo - Corrientes muy altas en el conductor PEN	Protección diferencial 500 mA	Recomendado para seguridad intrínseca ya que no produce arco eléctrico
Riesgos para los componentes		- No se puede utilizar en locales con riesgo		
Disponibilidad energía	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno
Comportamiento en "CEM"	Bueno El PE deja de ser una referencia de potencial única para la instalación - Instalar pararrayos (distribución aérea) - Es necesario controlar los equipos con corrientes de fuga elevadas situados después de las protecciones diferenciales.	Malo Circulación de corrientes perturbadoras por las masas Radiación de perturbaciones "CEM" por el PE. No recomendada si la instalación incluye un generador de armónicos.	Muy bueno - Es necesario controlar los equipos con corrientes de fuga elevadas situados después de las protecciones diferenciales. - Corrientes de fallo elevadas en PE (perturbaciones incluidas) - 1 única tierra	Malo Incompatibilidad con la utilización de filtro de modo común. - Puede ser necesario fragmentar la instalación para reducir la longitud de los cables y limitar corrientes de fuga. - Esquema TN al 2º fallo

Protección diferencial

Selectividad entre los interruptores diferenciales

La selectividad se obtiene con:

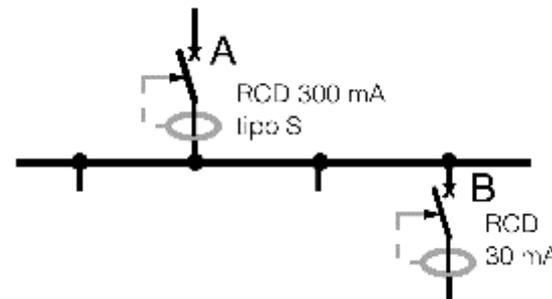
- El escalonamiento de los valores normalizados: 30, 100, 300 mA, 1 A; y
- Temporizando las desconexiones.



Selectividad total a 2 niveles

Protección:

- En **A**: DDR-MS retardado (escala I) tipo S para la protección contra contactos indirectos.
- En **B**: DDR-AS para los circuitos de tomas de corriente o elementos de riesgo.



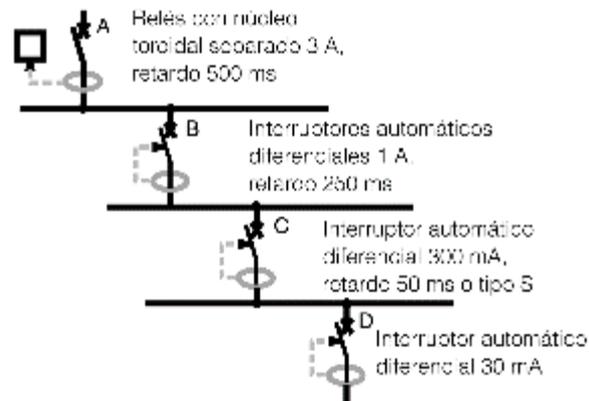
Soluciones Schneider Electric:

- En **A**: interruptor automático diferencial Compact o Acti9 (Vigi NS160 o Vigi NC 100), escala I o tipo S.
- En **B**: interruptor automático integrado (DPN Vigi) o adaptable (ej.: Vigi C60 o Vigi NC100) o Vigicompact.

Selectividad total a 3 niveles

Protección:

- En A: DDR-MS retardado (escalón III).
- En B: DDR-MS retardado (escalón II).
- En C: DDR-MS retardado (escalón I) o tipo S.
- En D: DDR-AS instantáneo.



Soluciones Schneider Electric:

- En A: DDR con núcleo toroidal separado (Vigirex RH328A).
- En B: Vigicompact o Vigirex.
- En C: Vigirex, Vigicompact, Vigi NC100 o Vigi C60.
- En D: Vigicompact, Vigirex, Multi 9 integrado o adaptable: Vigi C60 o DPN Vigi.

Life Is On



Schneider
Electric