



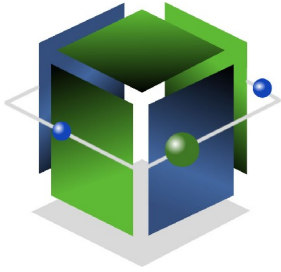
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BÁSICO PARTE I

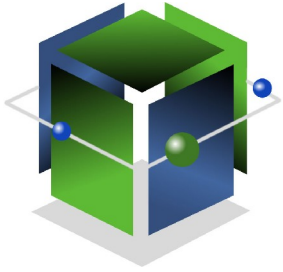


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BÁSICO PARTE I

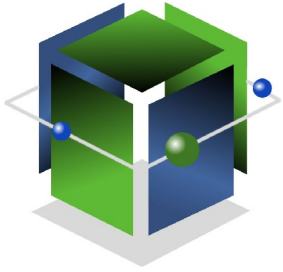


1. INTRODUCCIÓN.
2. FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN.
3. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.
4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN.
5. FUSIBLES.
6. PROTECCIÓN TERMOMAGNETICA.
7. RELES DE SOBRECORRIENTE.
8. RELES DIRECCIONALES DE SOBRE CORRIENTE.
9. RELE DE POTENCIA INVERSA.
10. PROTECCION DE TRANSFORMADORES.
11. PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN.
12. PROTECCIÓN DE CABLES.
13. PROTECCIÓN DE BARRAS
14. PROTECCIÓN DE GENERADORES.
15. RELES MULTIFUNCIÓN.



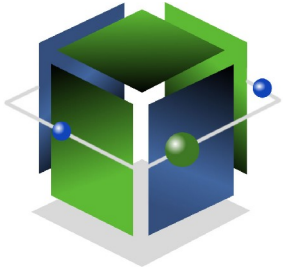
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

INTRODUCCIÓN



Comúnmente cuando se habla de un sistema eléctrico de potencia, la atención se concentra en sus componentes de operación y maniobra (generadores, líneas, carga etc.) sin tener en cuenta otro conjunto de dispositivos, que localizados estratégicamente, se encargan de velar por el buen funcionamiento de dichos componentes, para garantizar el suministro de energía a los diversos centros de consumo. **Tales dispositivos constituyen el llamado sistema de protección.**

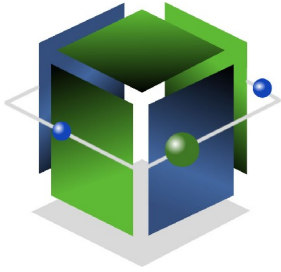
En las instalaciones industriales de proceso continuo, tal como es el caso de la industria petrolera, las fallas del equipo eléctrico producen serios trastornos que a su vez ocasionan grandes pérdidas económicas.



La experiencia nos demuestra que durante los procesos normales de maniobra y operación de un sistema de potencia, se presentan perturbaciones que van desde simples efectos de *sobrecarga* hasta grandes y destructores *efectos de corto circuitos* producidos generalmente por fallas de aislamiento.

El sistema de protección deberá estar siempre diseñado para aislar las fallas con un mínimo de disturbio en el sistema de potencia, en función a los requerimientos de la planta o instalación y los costos de instalación.

Es prácticamente imposible evitar en absoluto las fallas, aún cuando actualmente se hacen grandes inversiones para mejorar las condiciones de los sistemas.

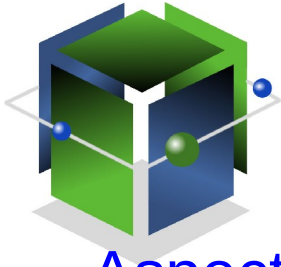


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

INTRODUCCIÓN

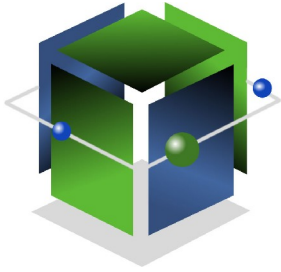
Por lo tanto el objetivo principal de un sistema de protección es evitar en lo posible daños a personas y equipos, y limitar la extensión y duración de la interrupción del servicio a causa de las fallas eléctricas o errores humanos durante la operación del sistema.

Las circunstancias causantes del mal funcionamiento de los equipos no son siempre predictibles, por lo tanto una buena selección y un buen mantenimiento pueden reducir las fallas y disponer de una buena disponibilidad.



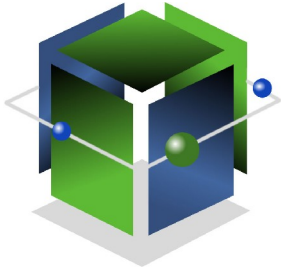
Aspectos básicos para mantener el sistema en operación normal durante el mayor tiempo posible:

- Prevención de fallas
 - ✓ Aislamiento adecuado.
 - ✓ Una buena coordinación de corrientes y aislamiento
 - ✓ Prácticas apropiadas de operación y mantenimiento.
- Atenuación de los efectos de fallas.
 - ✓ Limitar la magnitud de las corrientes de fallas por medio impedancias limitadoras y/o fusibles limitadores.
 - ✓ Medios de desconexión rápidos de los circuitos afectados.
 - ✓ Disponer de los elementos de reserva necesarios.
 - ✓ Seleccionar la protección adecuada.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

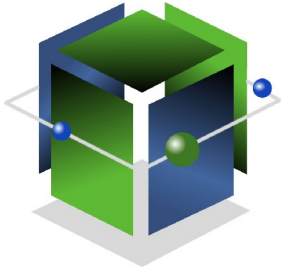
FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

Los reles de protección generalmente operan en repuesta a una magnitud de corriente abriendo o cerrando contactos y/o disparando un tiristor. Excepto los reles térmicos que operan con temperatura, los reles de protección son contruidos usando medios electromagnéticos o el principio estático.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

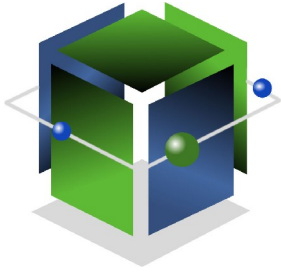
➤ Principio de Operación Reles Electromecánicos.

Los reles electromagnéticos tienen solamente dos principios:

- Atracción electromecánica.
- Inducción electromecánica.

• Atracción Electromecánica.

La fuerza atracción electromecánica, que puede ser del tipo embolo o bisagra, ejercida sobre el elemento móvil es proporcionar al cuadrado del flujo en el entre hierro.



$$F = K_1 \phi^2 - K_2$$

F = Fuerza neta

K₁ = Constante de conversión

Θ = Flujo en el entrehierro proporcional a la corriente.

K₂ = Fuerza de oposición (Resorte, peso etc.)

I = Corriente en la bobina.

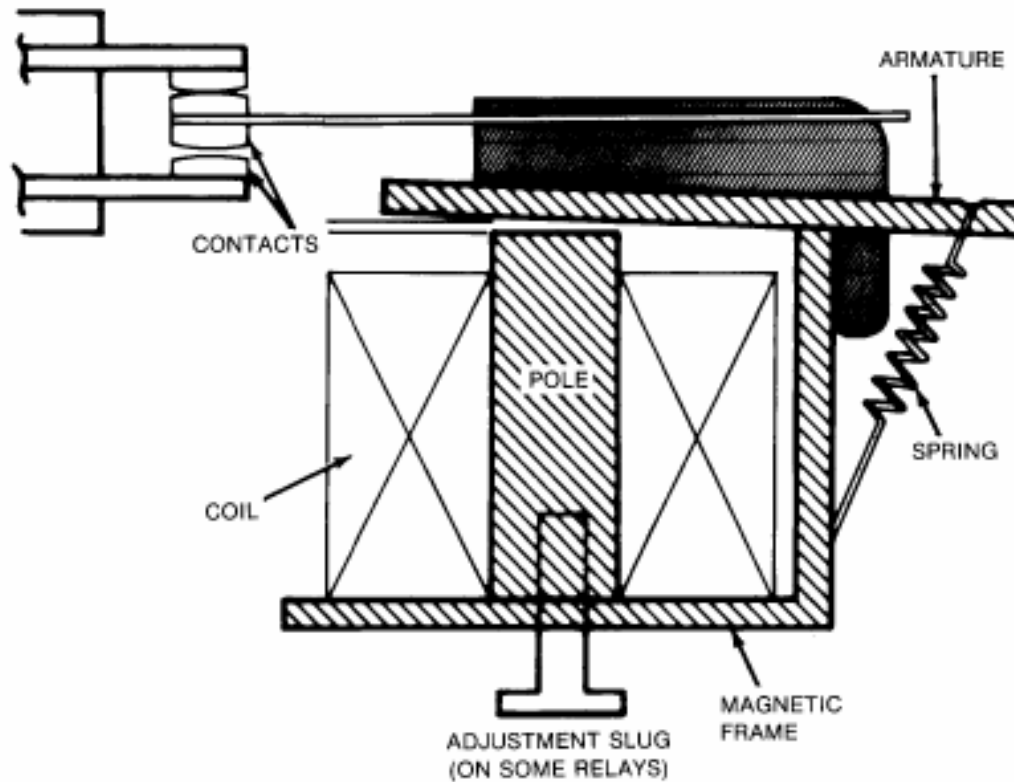
$$F = K_3 I^2 - K_4 \quad \text{si } F \text{ es } 0 \text{ entonces}$$

$$I = \sqrt{\frac{K_4}{K_3}} = \text{Constante}$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

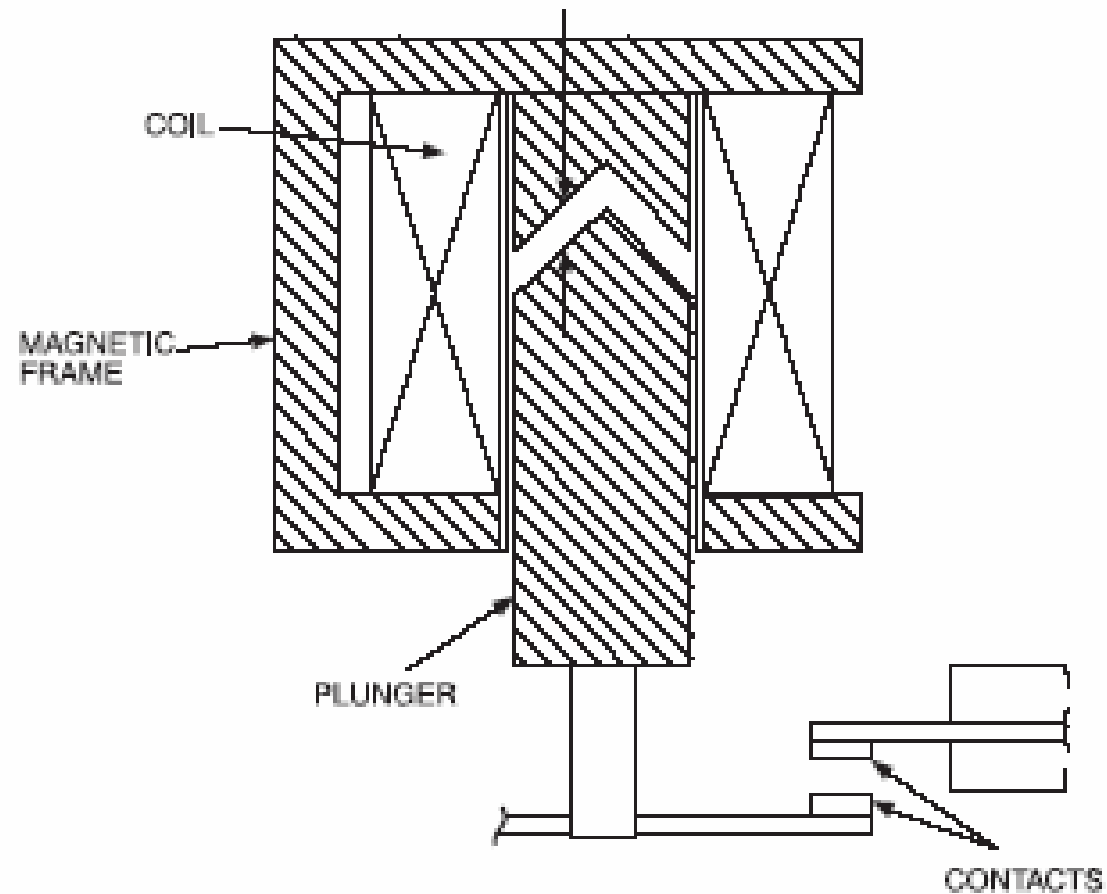


RELE ATRACCIÓN ELECTROMAGNETICA TIPO BISAGRA

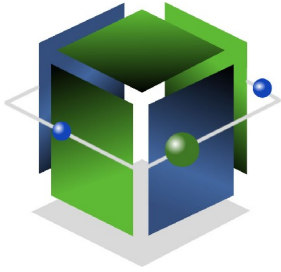


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN



RELE ATRACCIÓN ELECTROMAGNETICA TIPO EMBOLO

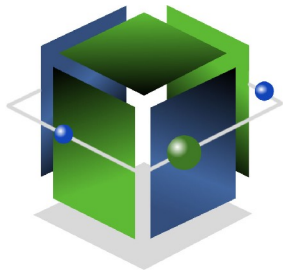


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

- **Relés electromecánicos de inducción.**

Los relés electromecánicos de inducción utilizan el principio del motor de inducción, donde el torque es desarrollado por inducción en el rotor. Este principio es aplicado en los medidores de KWH, donde el rotor es el disco como en los relés. La fuerza actuante desarrollada en el rotor es el resultado de la interacción de los flujos electromagnéticos de la bobina y el flujo producido por las corrientes eddy inducidas en el rotor.



$$T = K_1 I^2 - K_2$$

T = Torque.

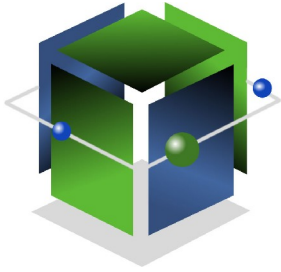
K₁= Constante de conversión

I = La corriente

K₂ = Fuerza de oposición (Resorte, peso etc.)

$$T = K_1 I_{arr}^2 - K_2 = 0$$

$$I_{arr} = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} = \text{Constante}$$

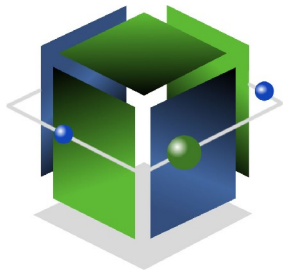


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

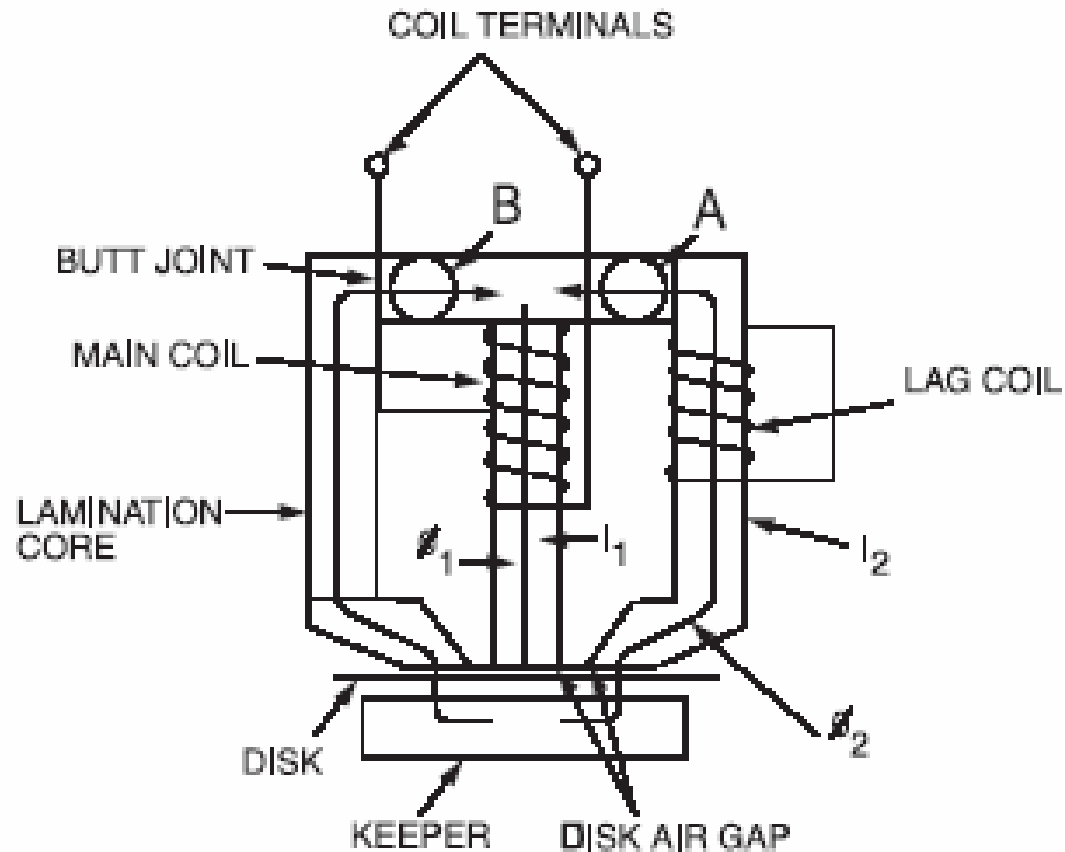
Los reles de inducción pueden ser usados solamente en CA, y el rotor es normalmente un disco o cilindro.

Los reles de sobre corriente temporizado, bajo voltaje temporizado y sobre voltaje temporizado son fabricados con disco, mientras los reles hechos con el rotor tipo cilindro son frecuentemente utilizados en reles de sobre corriente de alta velocidad, como los reles direccionales, diferenciales y a distancia.

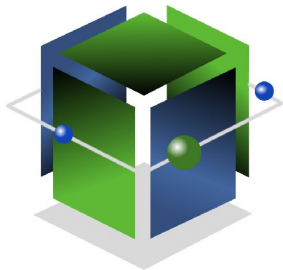


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN



RELE TIPO DE INDUCCIÓN



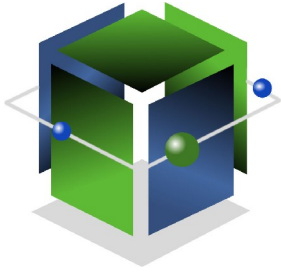
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

➤ Principio de Operación Reles Estáticos

Como su nombre lo indica son reles contruidos con elementos semiconductores sin movimiento, diseñados para dar la repuesta requerida cuando se sobre pasa una condición crítica previamente determinada.

Los relés estáticos son extremadamente rápidos, ya que su operación no requiere de partes móviles, obteniéndose repuestas en un tiempo que puede se tan bajo como $\frac{1}{4}$ ciclo.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

Estos reles pueden ser análogos o digitales. El rele análogo introducido a comienzo de los años 60 fue típicamente diseñado para emular las características de los reles electromecánicos. Pronto, la tecnología digital fue implementada en los diseños de los reles, con características completamente fuera de las capacidades de los diseños electromecánicos.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

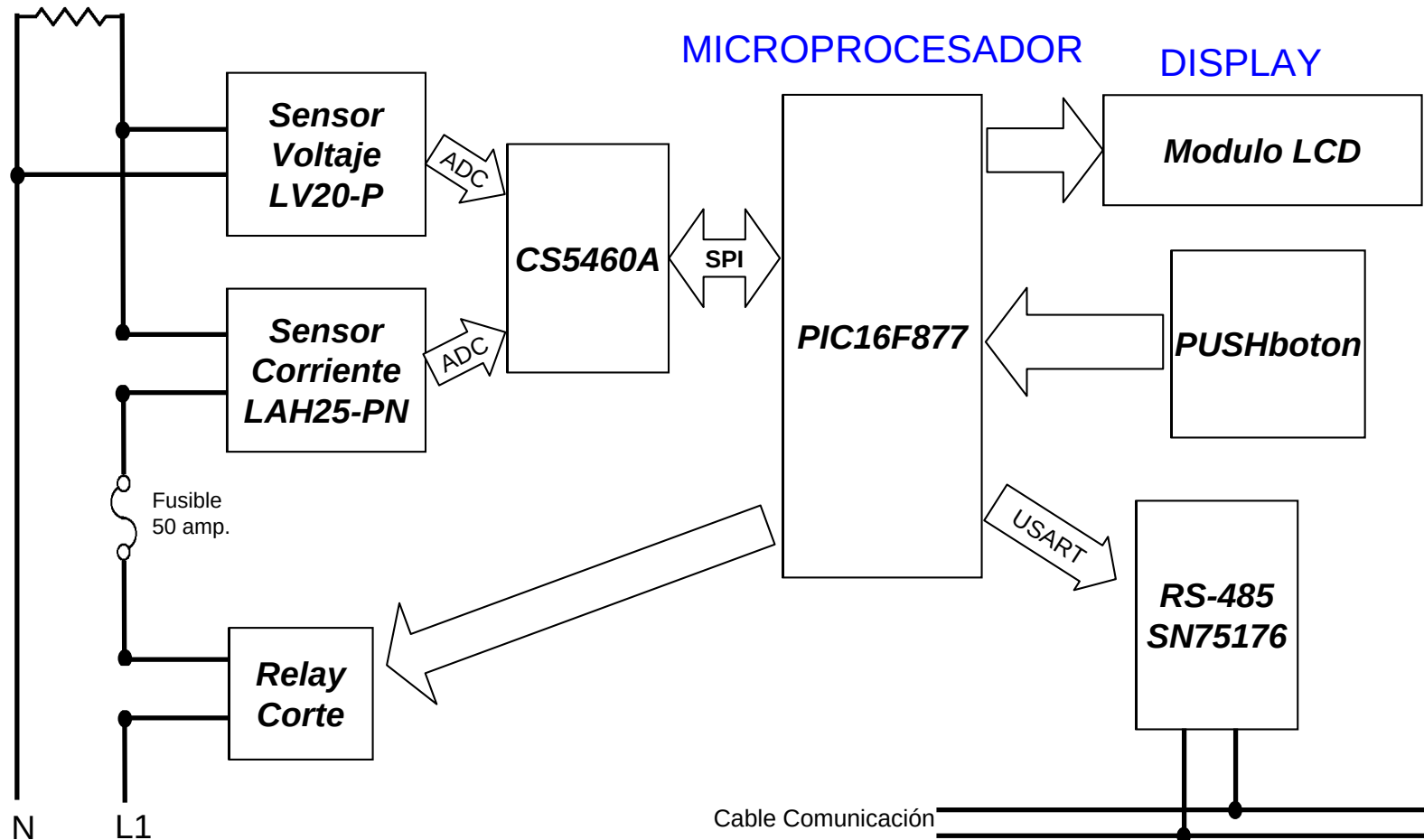
FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN

La operación del rele estático es convertir las señales de entrada en una magnitud apropiada para la medición, la cual es directamente proporcional a dichas señales. El valor medido es entonces comparado a un ajuste predeterminado. El tiempo y otras características son derivados de diseños de circuitos análogos o algoritmos de un microprocesador.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUNDAMENTOS Y TIPO DE PROTECCIÓN



PROTECCION ESTÁTICA

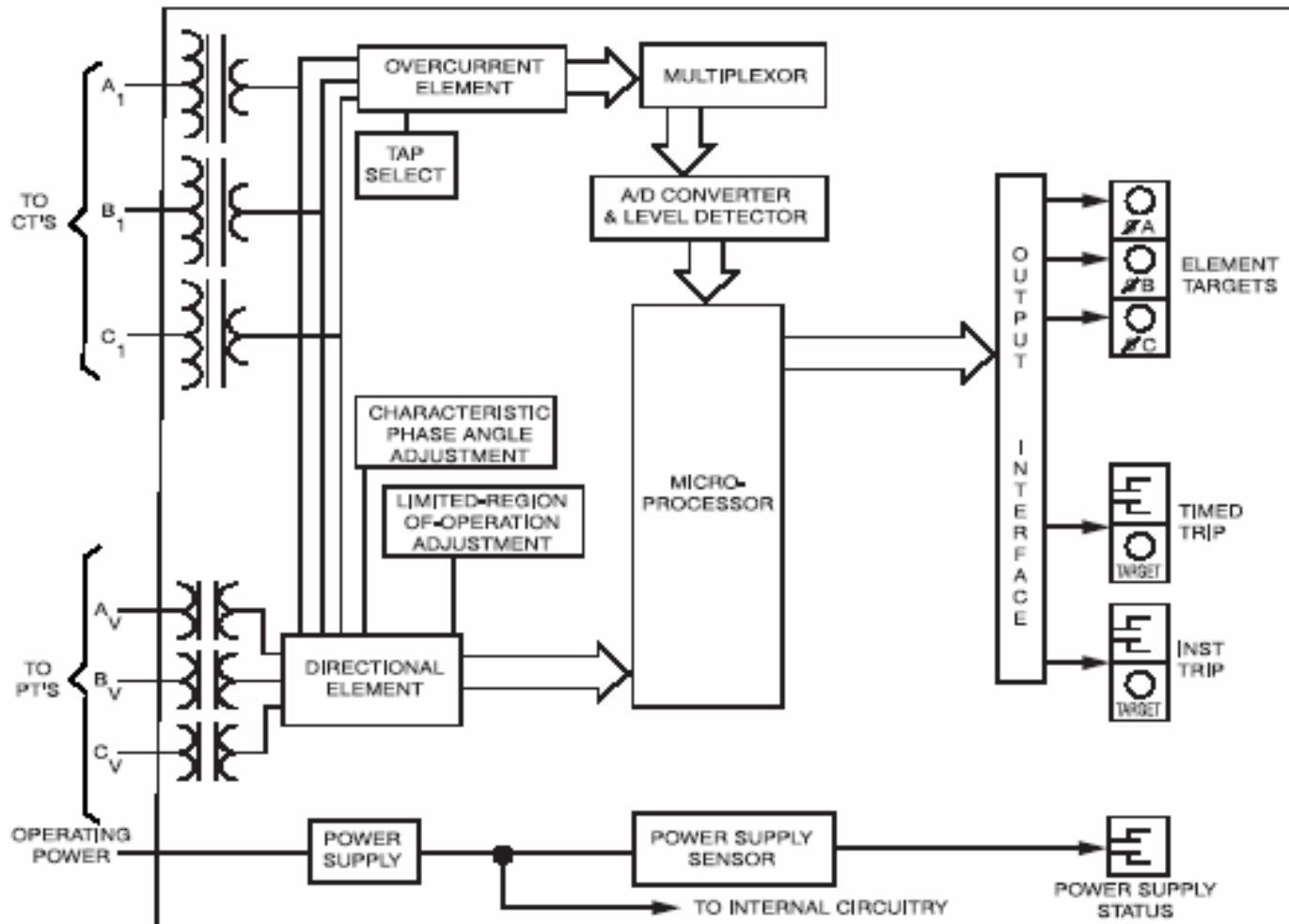
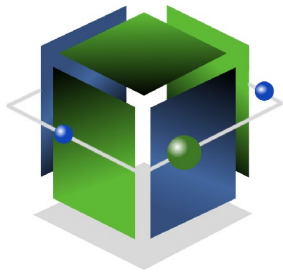
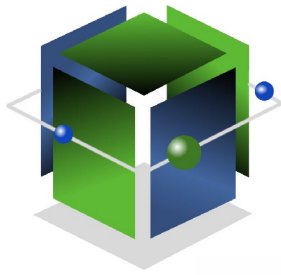
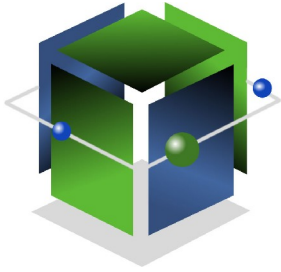


DIAGRAMA DE BLOQUE RELE DIRECCIONAL



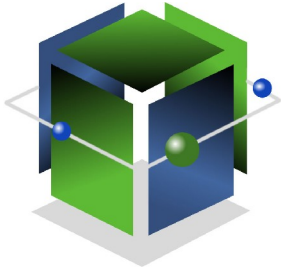
Abbreviated List of Commonly Used Relay Device Function Numbers

Relay Device Function No	Protection Function
21	Distance
25	Synchronizing
27	Undervoltage
32	Directional Power
40	Loss of Excitation (Field)
46	Phase Balance (Current Balance, Negative Sequence Current)
47	Phase-Sequence Voltage (Reverse Phase Voltage)
49	Thermal (Generally Thermal Overload)
50	Instantaneous Overcurrent
51	Time-Overcurrent
59	Overvoltage
60	Voltage Balance (Between Two Circuits)
67	Directional Overcurrent
81	Frequency (Generally Underfrequency)
86	Lockout
87	Differential



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

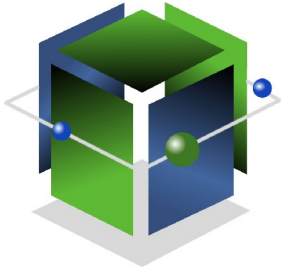
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



Los corto circuitos ocasionan destrucciones masivas en los sistemas de potencia, típicamente las magnitudes están muy por encima de las corrientes de carga normal. Las consecuencias de estas altas corrientes pueden ser catastróficas para la operación del sistema.

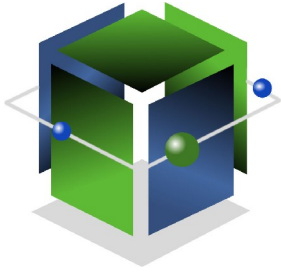
Las causas o efectos de esta alta corriente pueden ser:

- Incrementa en magnitudes elevadas el calor en los equipos.
- Genera esfuerzos mecánicos en conductores que pueden dañar aisladores y desplazar las bobinas en los transformadores u otros daños físicos.



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

- El flujo de estas altas corrientes a través de las impedancias de los circuitos pueden resultar en muy bajos voltajes, el cual afectan el funcionamiento de otros equipos forzándolos a sacarlos fuera de servicio.
- Finalmente, en el punto de falla la energía desarrollada es de forma de arco, que si se mantiene sin despegue puede comenzar un incendio que puede ser expandido en otros puntos lejanos a la falla. .

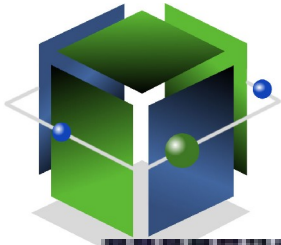


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



**EFFECTOS DE LAS CORRIENTES DE FALLA CON
PROTECCIÓN INADECUADA**

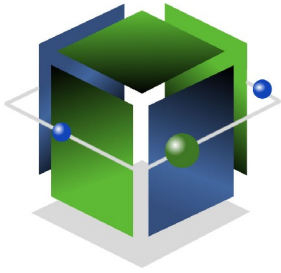


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



**EFFECTOS DE LAS FALLAS DE ARCO CON
PROTECCIÓN INADECUADA**

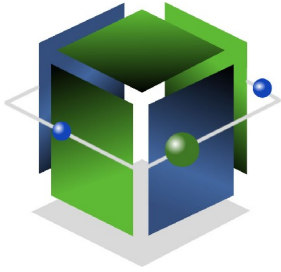


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

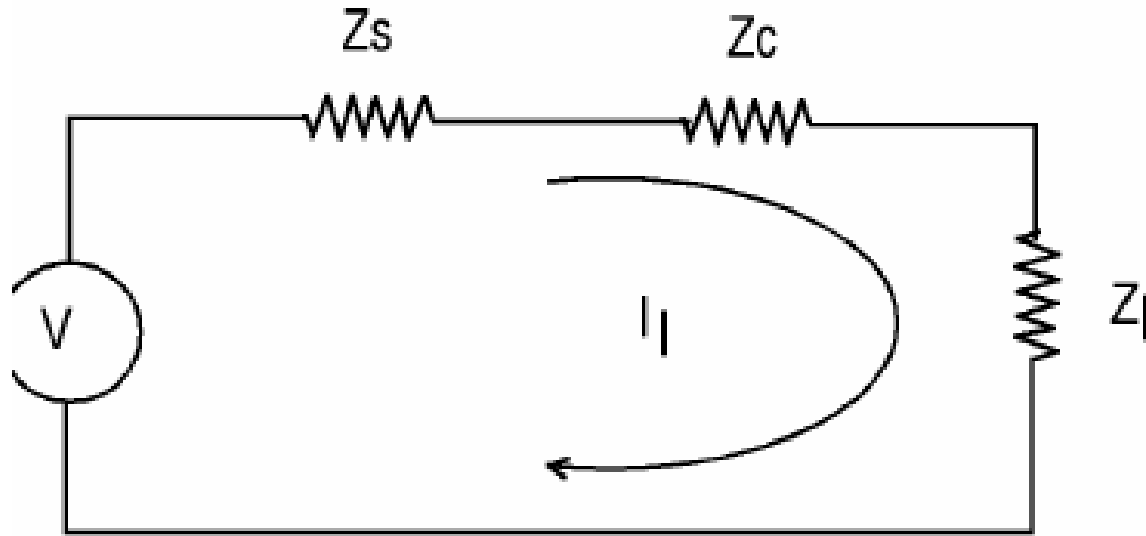
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



**EFFECTOS DE LAS FALLAS DE ARCO CON
PROTECCIÓN INADECUADA**



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

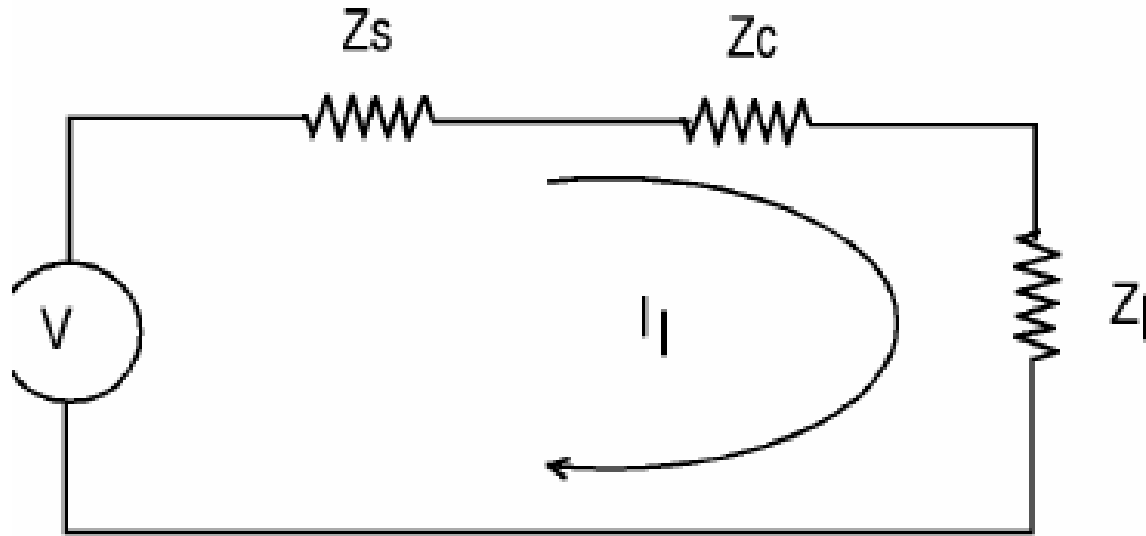


$$I_l = \frac{V}{Z_s + Z_c + Z_l}$$

CIRCUITO EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN

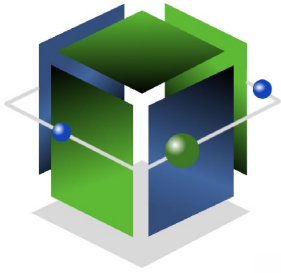


CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

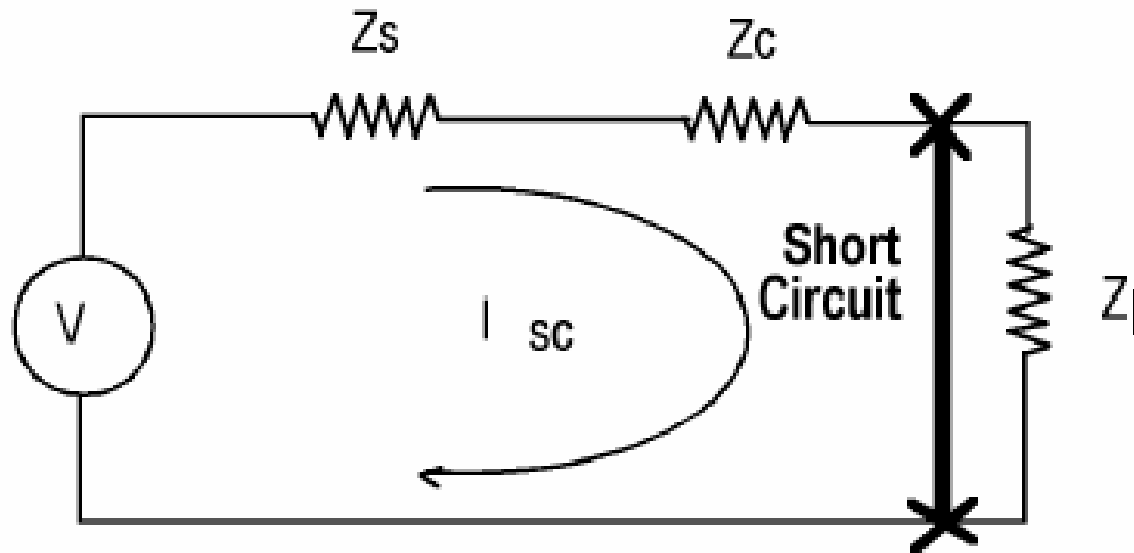


$$i(t) = \frac{V_{\max}}{Z_s + Z_c + Z_l} \text{seno}(wt - \theta)$$

CIRCUITO EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN

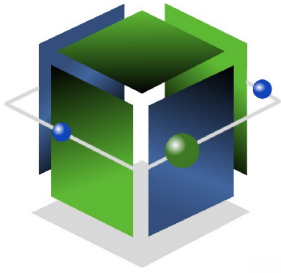


CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

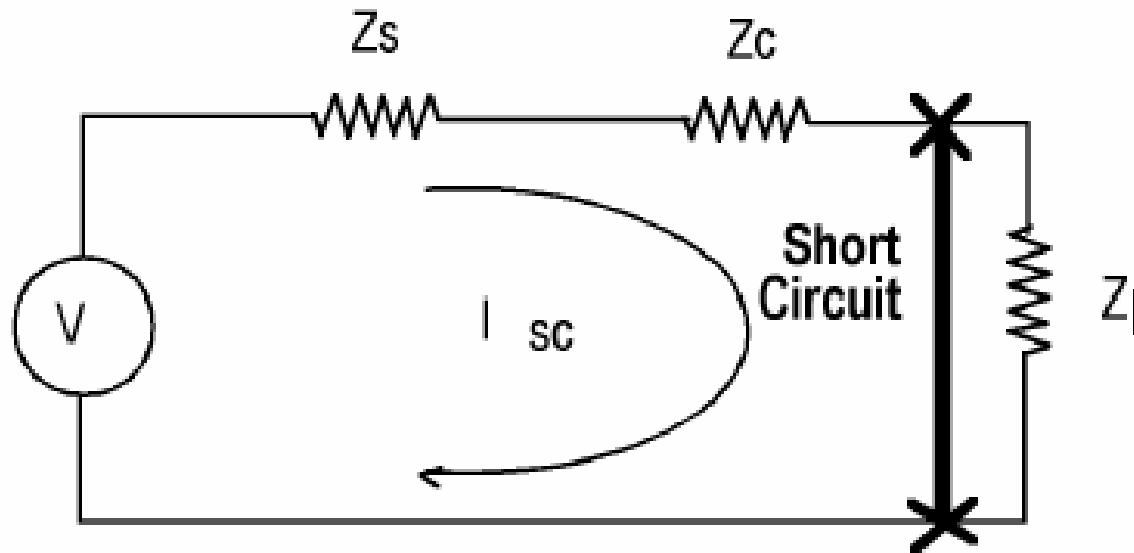


$$I_{sc} = \frac{V}{Z_s + Z_c}$$

CIRCUITO EN CONDICIONES DE FALLA

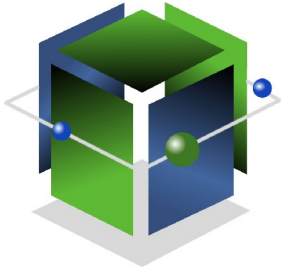


CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



$$i(t) = \left(\frac{v}{Z_s + Z_c} \right) \left[\sin(\omega t + \varphi - \theta) - \sin(\varphi - \theta) e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \right]$$

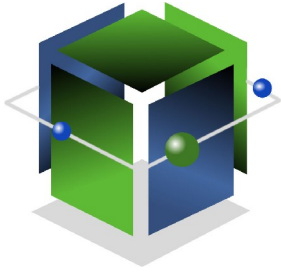
CIRCUITO EN CONDICIONES DE FALLA



➤ ¿Por que hay que calcular los valores de corto circuito?

A fin de obtener una operación selectiva y segura de manera de proteger al sistema de daños, se debe de calcular primeramente la falla disponible en los distintos de las barras de los sistemas.

Una vez determinado los niveles de corto circuito en las distintas barras del sistema, puede especificarse las capacidades de interrupción de los interruptores, realizar la coordinación y proveer los componentes de protección.



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

Las fallas de corto circuitos francas entre línea a línea o bifásica, tienen una magnitud aproximada del 87% del valor de la falla trifásica, y la falla franca de fase a tierra, en un sistema solidamente puesto a tierra pueden estar entre el orden del 25% o 60% al 125% de los valores de falla trifásica, claro está dependiendo de los parámetros del sistema. Normalmente el 125% ocurre en los puntos cercanos a las fuentes de alimentación.

Especialmente en bajo voltaje y cuando no son francas las fallas de arco a tierra, suelen ser menor a la corriente de carga causando incendios si no se dispone de una buena protección.

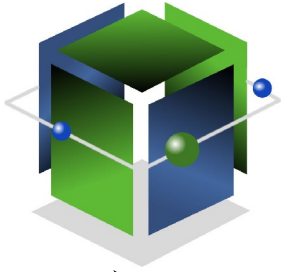


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

En este curso cubriremos solamente las fallas trifásicas ya que generalmente son mayores en magnitud.

Las fallas monofásicas se mencionan en el curso de puesta a tierra.



➤ COMPORTAMIENTO DE LA ONDA SINUSOIDAL DURANTE LA FALLA.

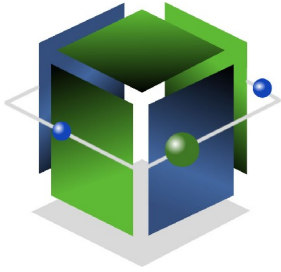
Las corrientes de corto circuito están formadas de dos componentes:

- Corriente alterna simétrica de mayor magnitud de corriente en la falla.

$$i_p(t) = \frac{|V_{\max}|}{|Z|} \text{seno}(wt + \alpha - \theta)$$

- Corriente DC transitoria, con un valor inicial igual a la componente AC pero que decae rápidamente a cero.

$$i_t(t) = Ke^{-\frac{R}{L}t}$$



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

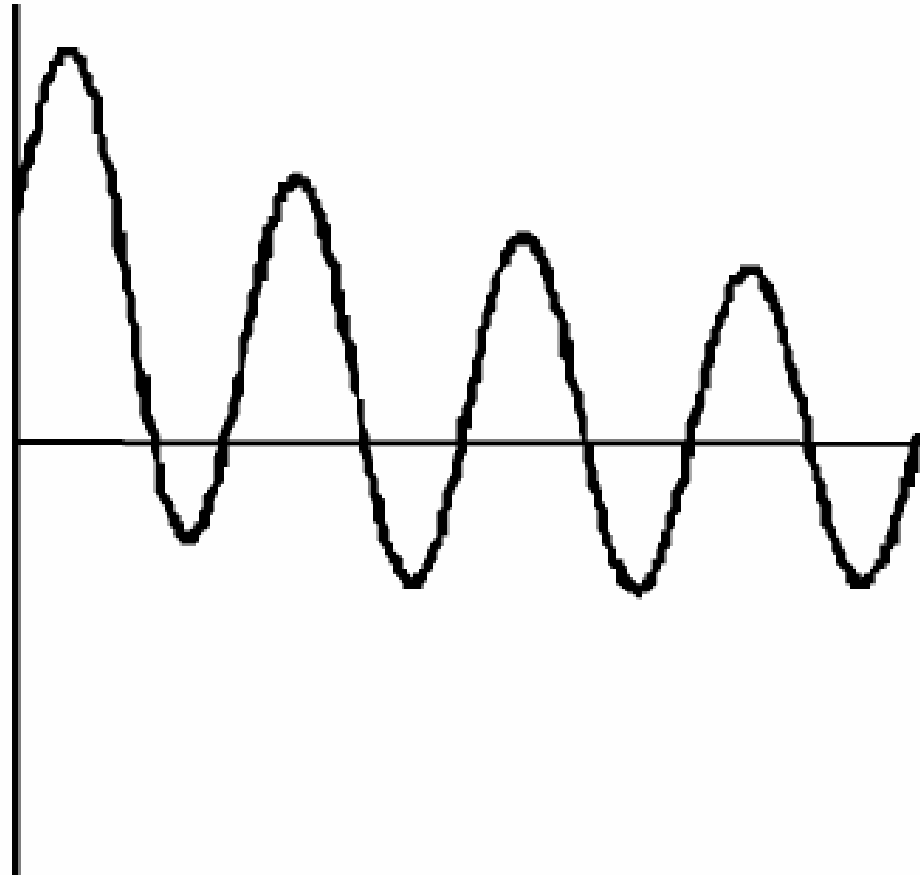
Si el corto circuito ocurre en el momento en que la onda de voltaje es cero el valor inicial DC es máximo, sin embargo cuando la onda de voltaje es máxima en el momento que ocurre el corto circuito, valor inicial DC es mínimo.

$$\text{Asymmetry factor} = \sqrt{1 + 2e^{\frac{-2\pi}{X/R}}}$$

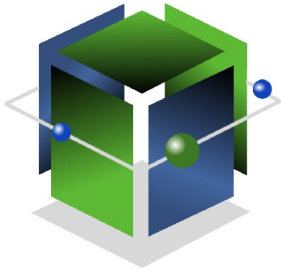


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

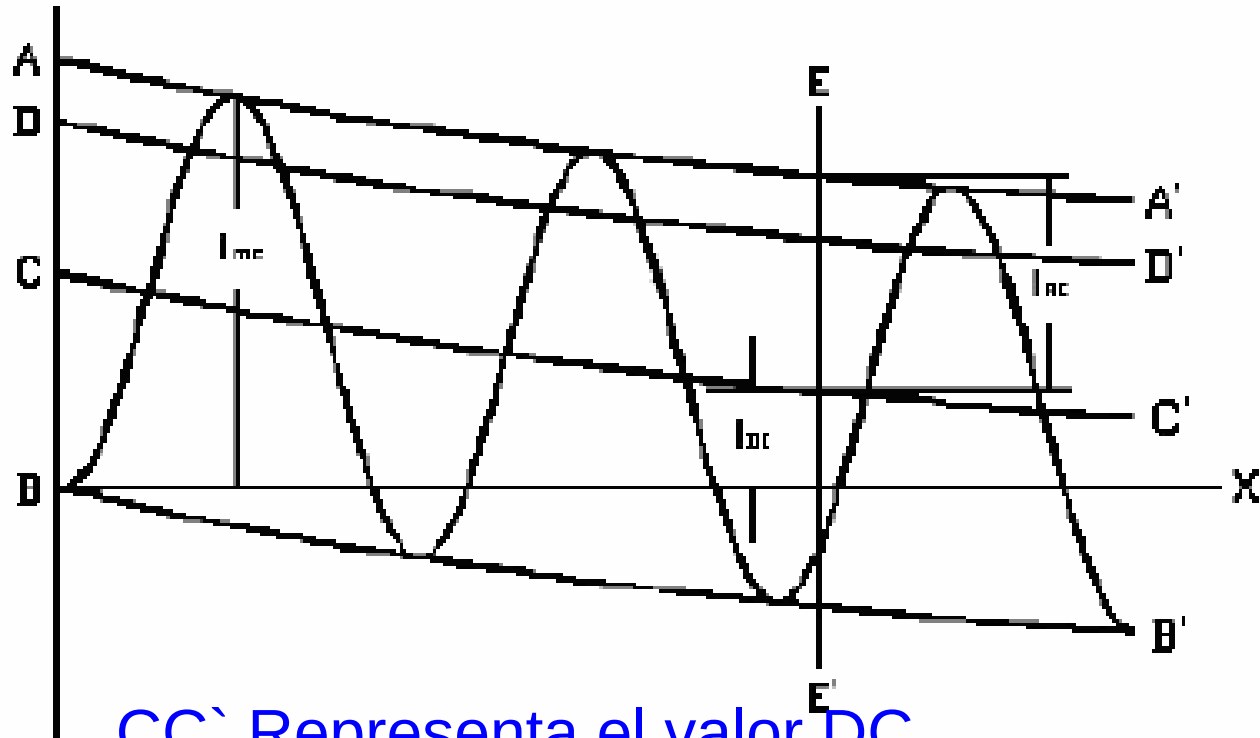
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



ONDA TÍPICA DE CORTO CIRCUITO



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



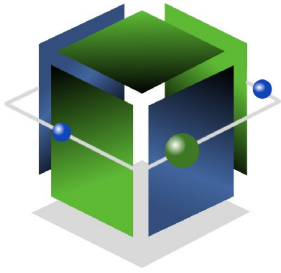
CC` Representa el valor DC

AA` Representa el valor pico máximo

DD` Representa el valor efectivo

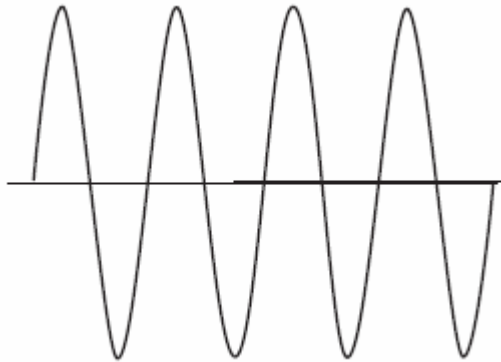
$$I_{rms} = \frac{I_{AC}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{rmstotal} = \sqrt{\frac{I_{AC}^2}{2} + I_{DC}^2}$$

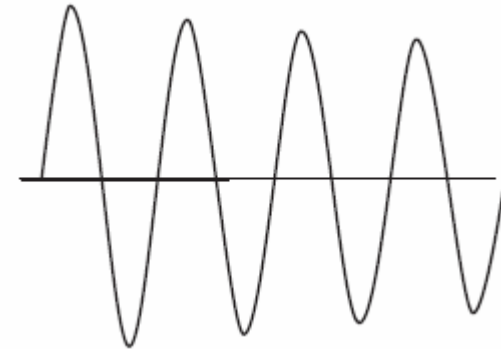


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

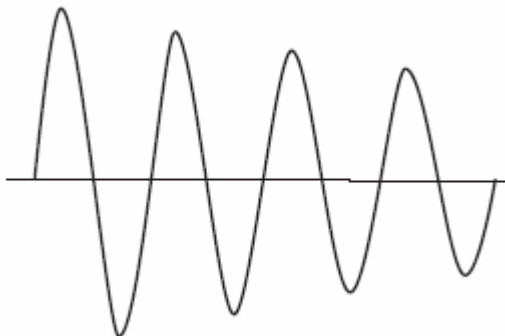
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



CORRIENTE DE FALLA SIN
DECAIMIENTO RED PRINCIPAL
(UTILITY)



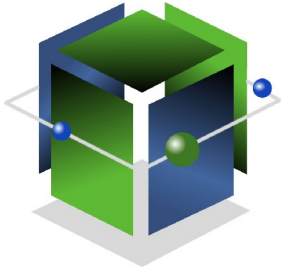
CORRIENTE DE FALLA CON LIGERO
DECAIMIENTO CERCANO A LA
GENERACIÓN



DECAIMIENTO MODESTO DE
UN MOTOR SINCRONICO

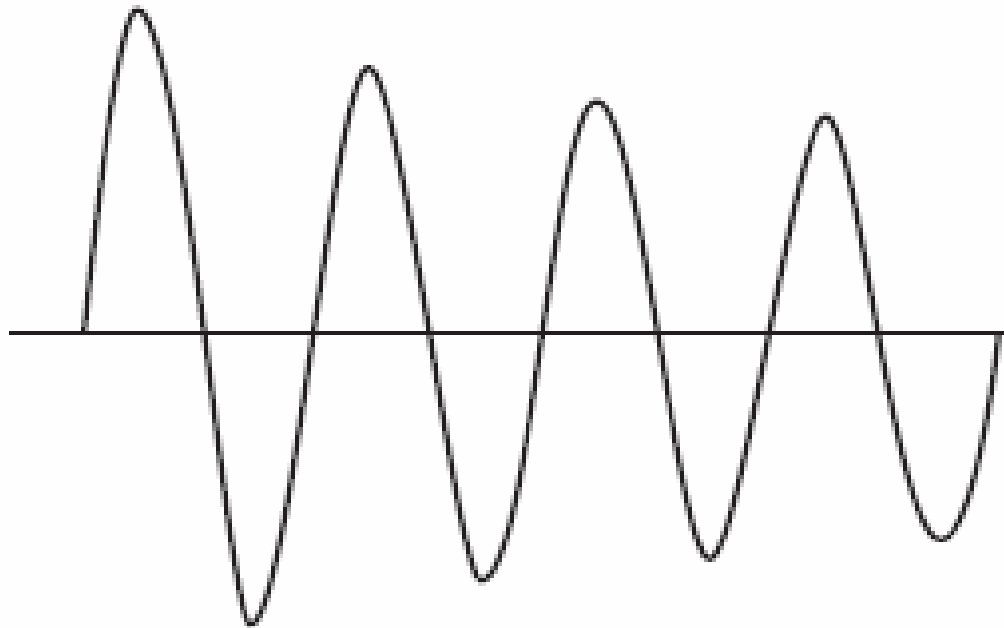


DECAIMIENTO PRONUNCIADO
DE LA CONTRIBUCIÓN DE UN
MOTOR DE INDUCCIÓN

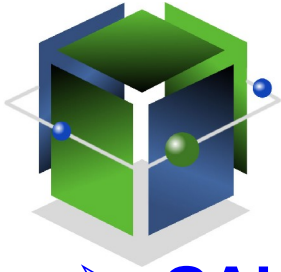


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



**CORRIENTE DE FALLA COMBINADA CON
LAS DISTINTAS CONTRIBUCIONES**

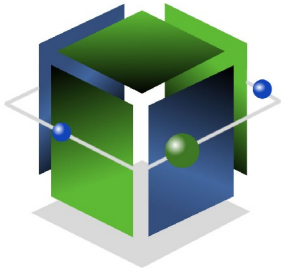


➤ **CALCULO DE CORTO CIRCUITOS TRIFÁSICOS**

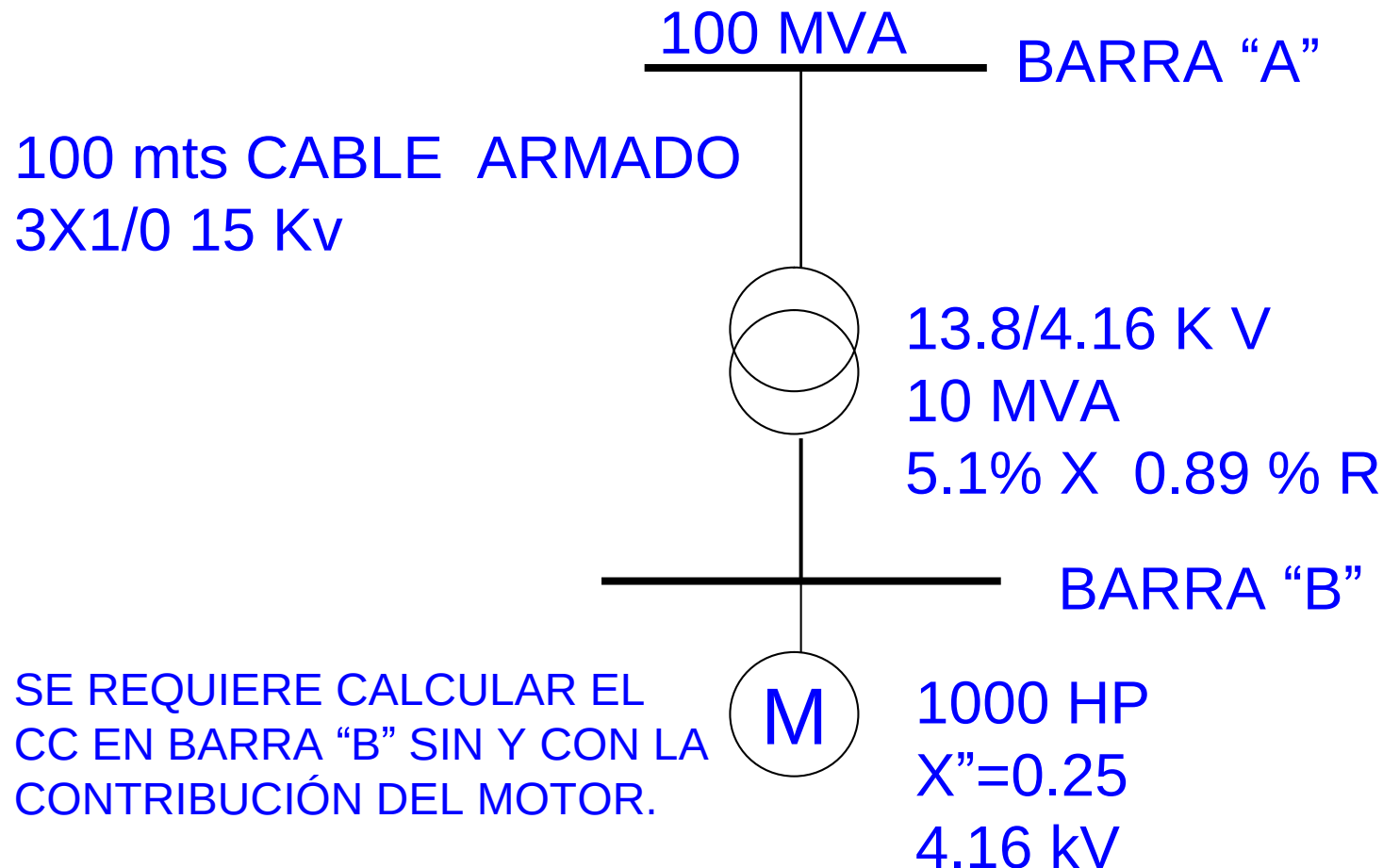
Los tres métodos mas usados para realizar cálculos de corto circuitos son:

- Método Óhmico.
- Método por Unidad.
- Método por MVA.

El método por MVA tiene la ventaja sobre los otros dos de ser más práctico y rápido para cálculos a mano, pero no se dispone del valor X/R para determinar la asimetría de la onda sinusoidal, en todo caso se utiliza 1.6, u otros valores que dependerían del tipo de interruptor, como factor de asimetría.



➤ EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO MÉTODO ÓHMICO.





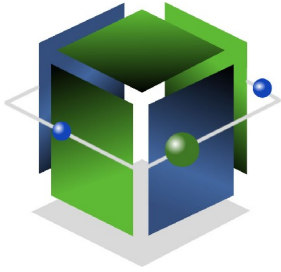
- Fórmulas a Utilizar

$$X_{sistema} = \frac{KV_{secund.}^2}{MVA_{sistema}} = \Omega$$

$$X_{transf} = \frac{X_{actual} KV_{secund.}^2}{MVA_{transf}} = \frac{10(\%X) KV_{secund.}^2}{KVA_{transf.}} = \Omega$$

$$R_{transf} = \frac{R_{actual} KV_{secund.}^2}{MVA_{transf}} = \frac{10(\%R) KV_{secund.}^2}{KVA_{transf.}} = \Omega$$

$$Z_{total} = \sqrt{R_{total}^2 + X_{total}^2} = \Omega$$



- Fórmulas a Utilizar

$$I_{sc.rms.sym.} = \frac{V_{Lsecund.}}{\sqrt{3}(Z_{total})}$$

$$I_{asym.contrib.motor} = 5(\text{Corriente.no min al})$$

$$I_{sym.contr.motor} = \frac{I_{asym.contri.motor}}{1.25}$$

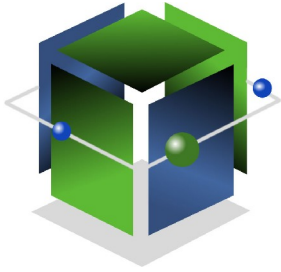
$$X / R_{ratio} = \frac{X_{total}}{R_{total}}$$



- Fórmulas a Utilizar

$$I_{sc.asym.rms} = I_{sc.sym.rms} Factor.Asym$$

$$I_{total.sc.asym.rms} = I_{sc.asym.rms} + I_{asym.motor.contrib}$$



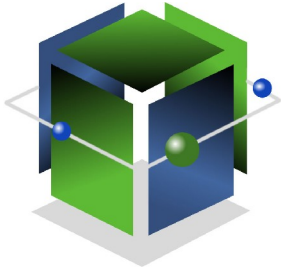
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

- Una vez elaborado el diagrama unifilar y recopilada la data de los equipos, se comienza con el cálculo para la obtención de las impedancias y el CC en base al voltaje secundario.

$$X_{sistema} = \frac{4.16^2}{100} = 0.173\Omega$$

$$X_{transformador} = \frac{(0.051)(4.16)^2}{10} = 0.088\Omega$$

$$R_{transf.} = \frac{(0.0089)(4.16)^2}{10} = 0.0154\Omega$$



$$Z_{cable.1/0} = 428 + j130 \mu\Omega / mt$$

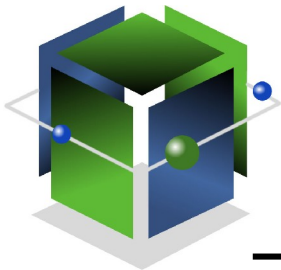
$$X_{cable.1/0} = (130)(100 / 10^6) = 0.013\Omega$$

$$R_{cable.1/0} = (428)(100 / 10^6) = 0.043\Omega$$

$$I_{n.motor} = \frac{1000kVA}{\sqrt{3}(4.16kV)} = 139Amps.$$

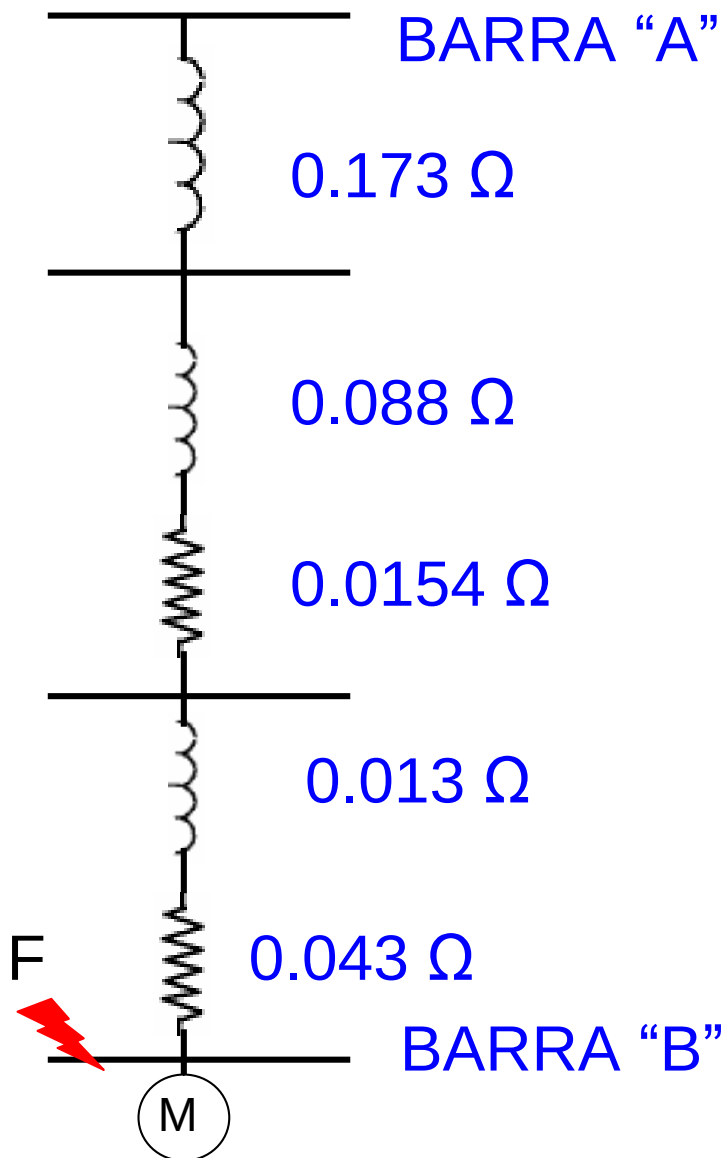
$$I_{asym.contrib.motor} = (5)(139) = 695Amps.$$

$$I_{syme.contrib.motor} = \frac{695}{1.25} = 556Amps.$$

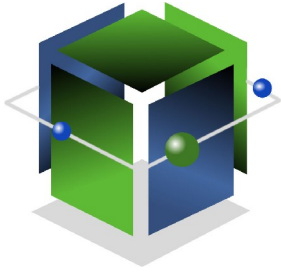


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



R	X
0.0154 0.043	0.173 0.088 0.013
0.0584	0.274



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

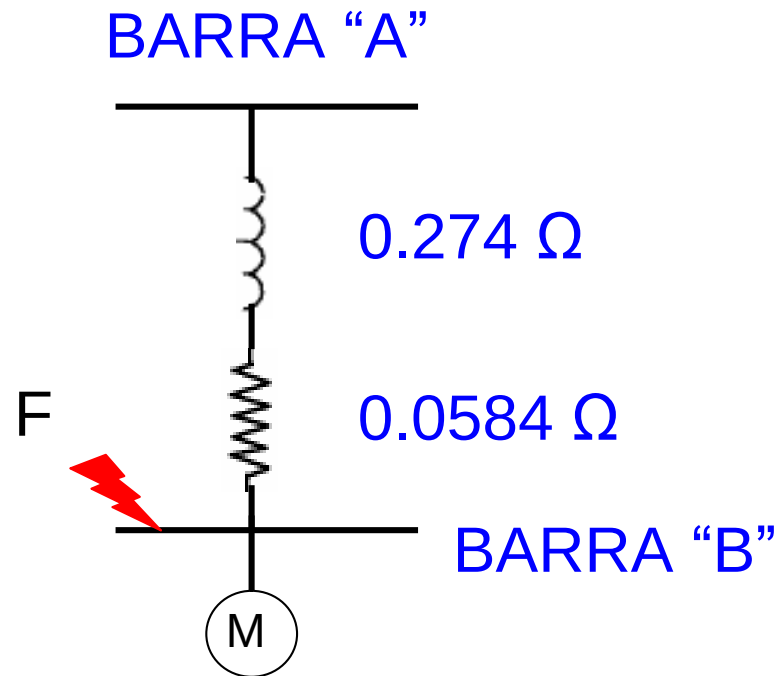


DIAGRAMA EQUIVALENTE



$$Z_{total} = \sqrt{(0.0584)^2 + (0.274)^2} = 0.280\Omega$$

SC en barra “B” sin contribución del motor

$$I_{sc.rms.sym} = \frac{4160V}{\sqrt{3}(0.280)} = 8578Amps.$$

SC en barra “B” con contribución del motor

$$I_{sc.rms.sym.total} = 8578 + 556 = 9134Amps.$$



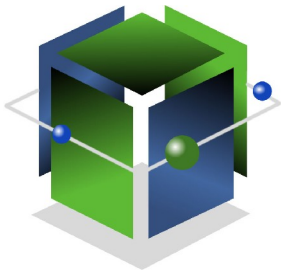
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

$$\frac{X}{R} = \frac{0.274}{0.0584} = 4.69$$

Basado en la relación X/R buscamos en tabla el factor asimétrico, el cual nos indica un valor de 1.232

$$I_{sc.rms.asym.sin contrib} = (8578)(1.232) = 10568Amps.$$

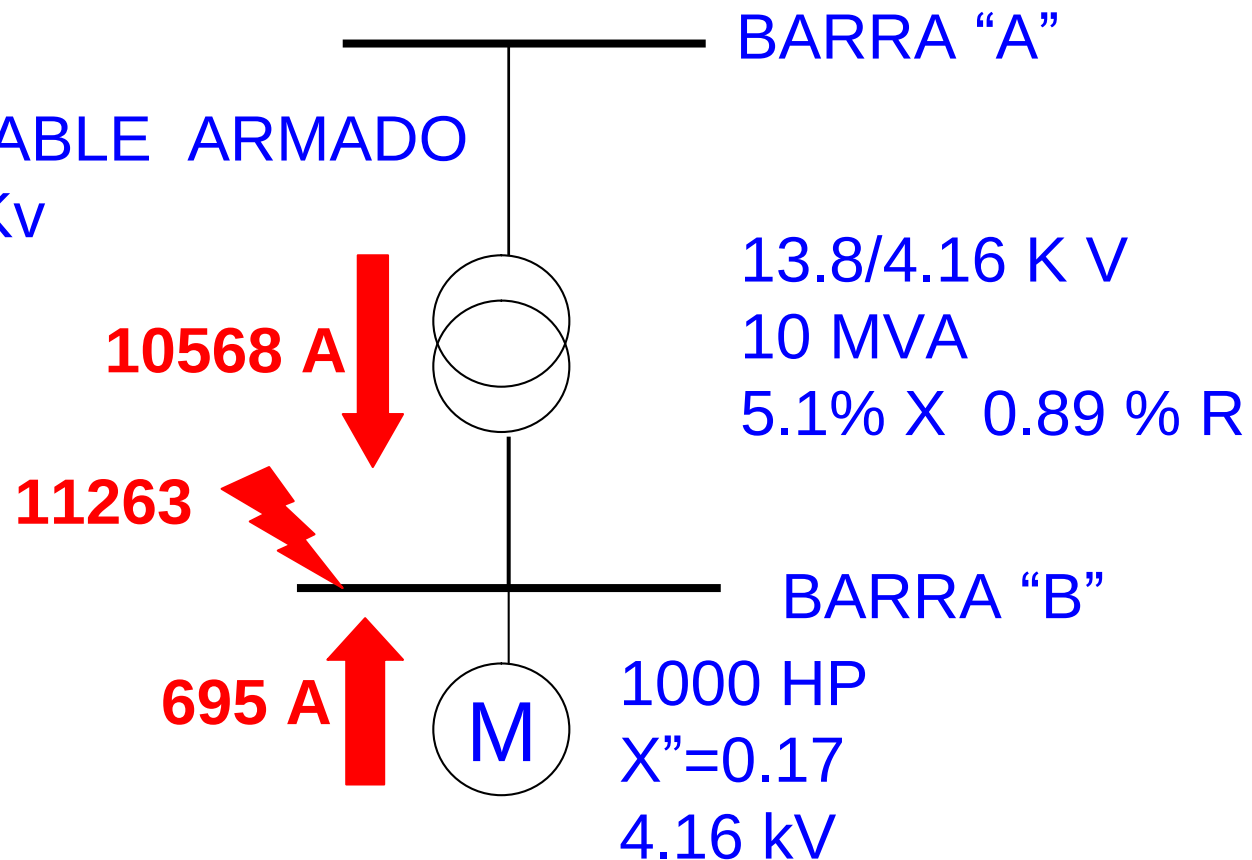
$$I_{sc.rms.asym.conconcontrib} = 10568 + 695 = 11263Amps.$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

100 mts CABLE ARMADO
3X1/0 15 Kv

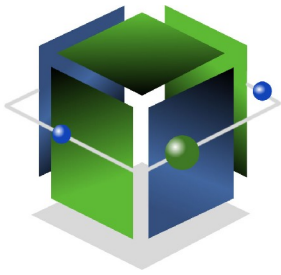


FLUJO DE CORRIENTES



PAZOS A REALIZADOS PARA EL CÁLCULO DE CC.

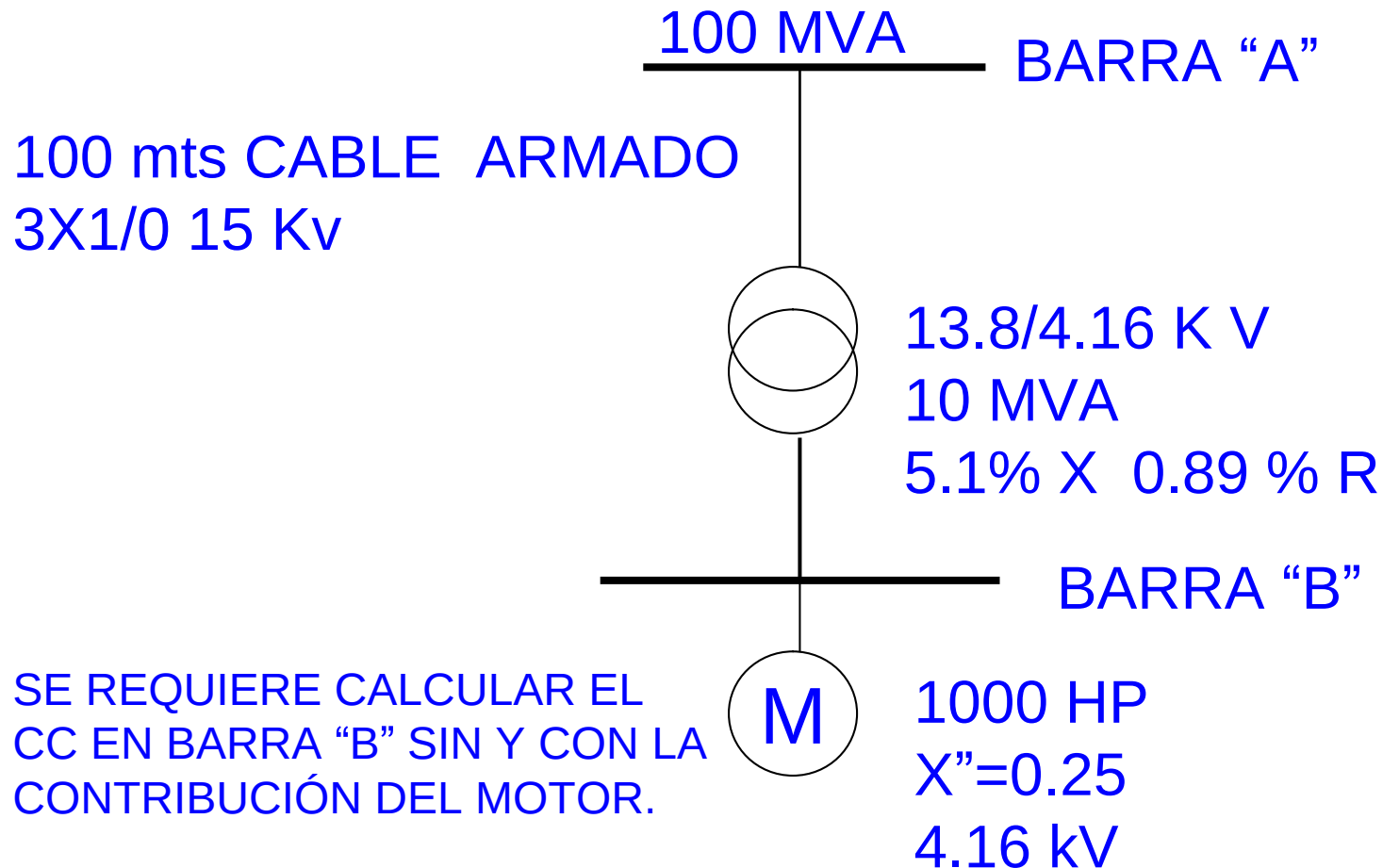
- Preparar el diagrama unifilar.
- Recopilar data y convertir a valores óhmicos.
- Combinar impedancias (Reducir circuito)
- Calcular los valores de corto circuitos.

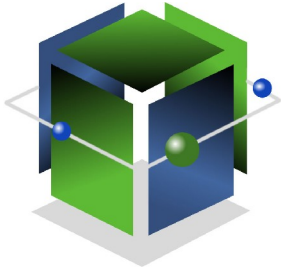


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

➤ EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO MÉTODO POR UNIDAD.





- Fórmulas a Utilizar

$$Cantidad_{pu} = \frac{Cantidad_{actual}}{Cantidad_{base}}$$

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2}{MVA_{base}}$$

$$I_{base} = \frac{MVA_{base} 1000}{\sqrt{3}kV_{base}}$$

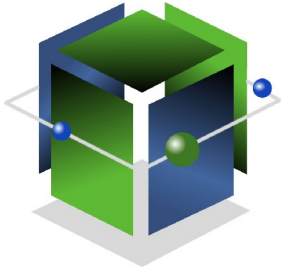
$$X_{pu.transf} = \frac{(\%X)kVA_{base}}{kVA_{transf} (100)}$$

$$I_{base} = \frac{KVA_{base}}{\sqrt{3}kV_{base}}$$

$$X_{pu.transf} = \frac{(\%X)MVA_{base} 10}{kVA_{transf}}$$

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2 (1000)}{kVA_{base}}$$

$$X_{pu.cable} = \frac{X_{\Omega} MVA_{base}}{kV_{base}^2}$$



- Fórmulas a Utilizar

$$X_{pu.cable} = \frac{X_{\Omega} kVA_{base}}{kV_{base}^2 (1000)}$$

$$X_{pu.motor} = \frac{X_{actual.pu.motor} kVA_{base}}{kVA_{capacidad.motor}}$$

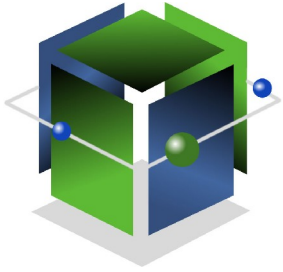
$$X_{pu.motor} = \frac{X_{actual.pu.motor} MVA_{base}}{MVA_{capacidad.motor}}$$

$$X_{pu.sistema(Util)} = \frac{MVA_{base}}{MVA_{sc.sistema}}$$

$$Z_{pu.total} = \sqrt{X_{pu.total}^2 + R_{pu.total}^2}$$

$$I_{sc.pu} = \frac{V_{pu}}{Z_{pu.total}}$$

$$I_{sc.sym.rms} = I_{sc.pu} I_{base}$$



- Fórmulas a Utilizar

Para cambiar de base los valores en por unidad.

$$X_{pu.nueva} = X_{pu.dada} \left(\frac{kV_{base.dada}}{kV_{base.nueva}} \right)^2 \left(\frac{kVA_{base.nueva}}{kVA_{base.dada}} \right)$$



- Una vez elaborado el diagrama unifilar y recolectada la data, se procede a obtener los valores por unidad.

$$kV_{base} = 4.16$$

$$MVA_{base} = 10$$

$$X_{pu.sistema.} = \frac{10}{100} = 0.1$$

$$I_{base} = \frac{10 * 1000}{\sqrt{3} * 4.16} = 1388 Amps.$$

$$X_{pu.transf} = \frac{5.1\%(10)(10)}{10000} = 0.051$$

$$Z_{base} = \frac{4.16^2}{10} = 1.7306$$

$$R_{pu.transf} = \frac{0.89\%(10)(10)}{10000} = 0.0089$$



$$X_{cable.1/0} = (130)(100 / 10^6) = 0.013\Omega$$

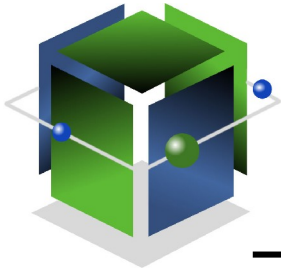
$$R_{cable.1/0} = (428)(100 / 10^6) = 0.043\Omega$$

$$X_{pu.cable} = \frac{(0.013)10}{4.16^2} = 0.007512$$

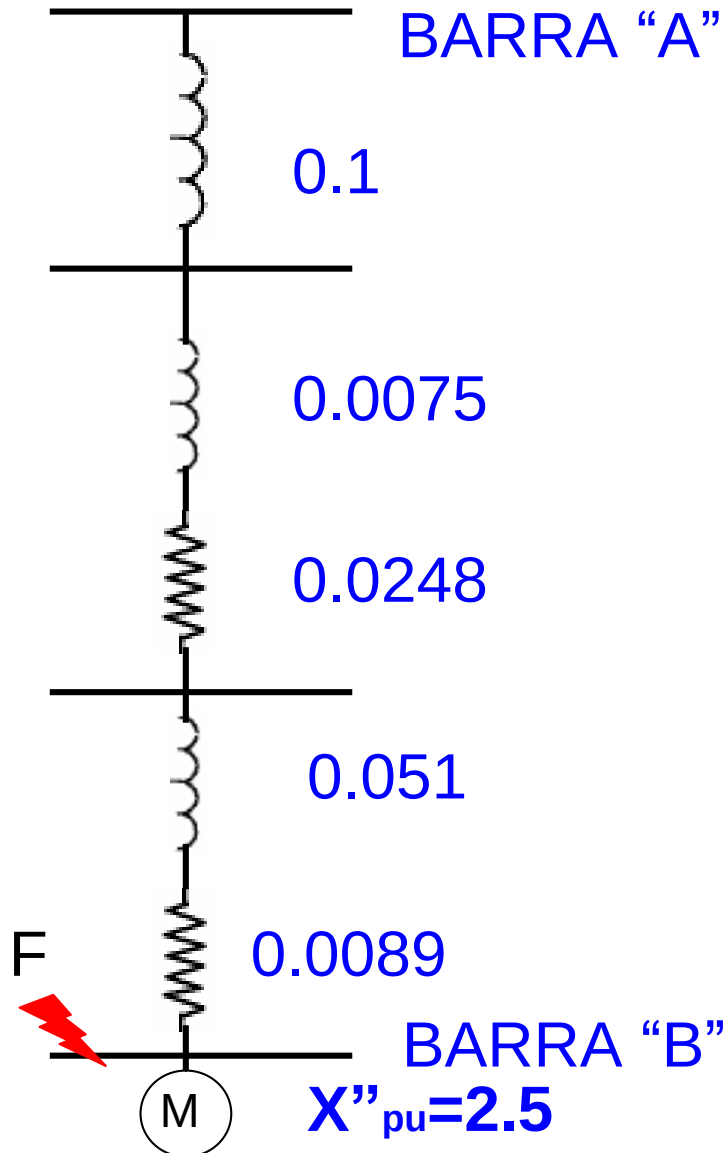
$$R_{pu.cable} = \frac{(0.043)10}{4.16^2} = 0.0248$$

$$X_{pu.motor} = \frac{(0.25)(10)}{1} = 2.5$$

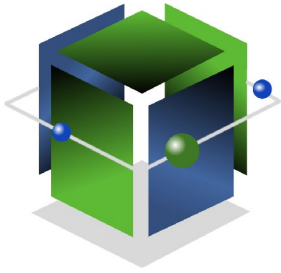
$$1000HP = 1MVA$$



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



R	X
0.0248	0.1
0.0089	0.0075
	0.051
0.0337	0.1585



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

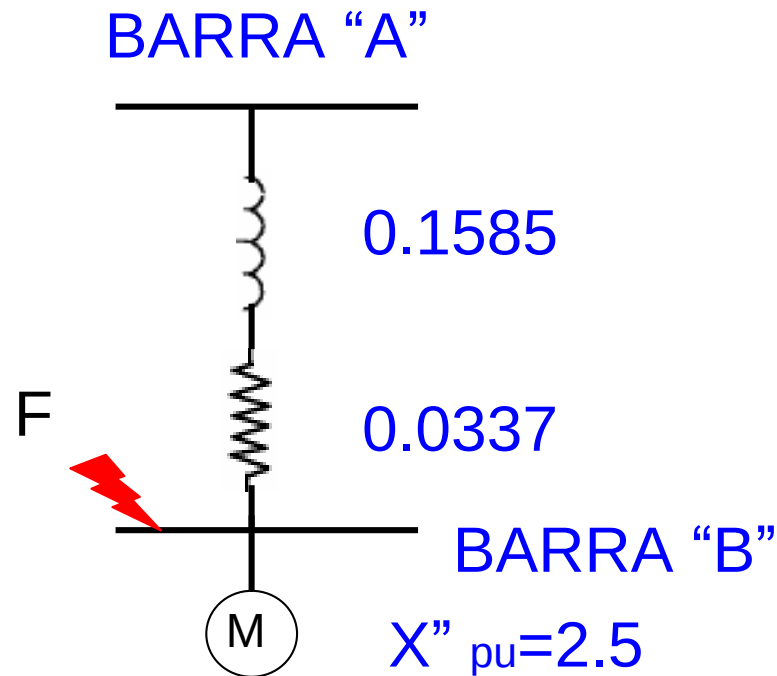
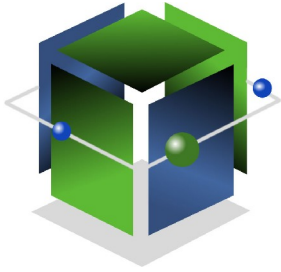


DIAGRAMA EQUIVALENTE



Luego se procede con el cálculo de CC.

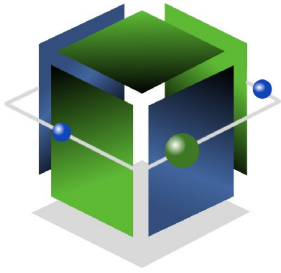
$$Z_{pu.total} = \sqrt{0.0337^2 + 0.1585^2} = 0.1620$$

$$I_{sc.pu} = \frac{1}{0.1620} = 6.17$$

SC en barra "B" sin contribución del motor

$$I_{sc.sym.rms.sin\ cont.motor} = (6.17)(1388) = 8566 Amps.$$

$$\frac{X}{R} = \frac{0.1585}{0.0337} = 4.703$$



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

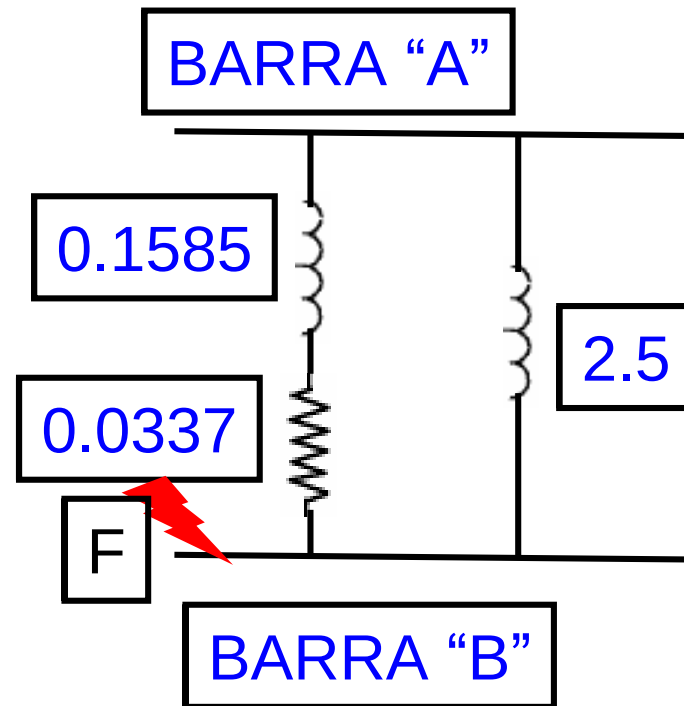
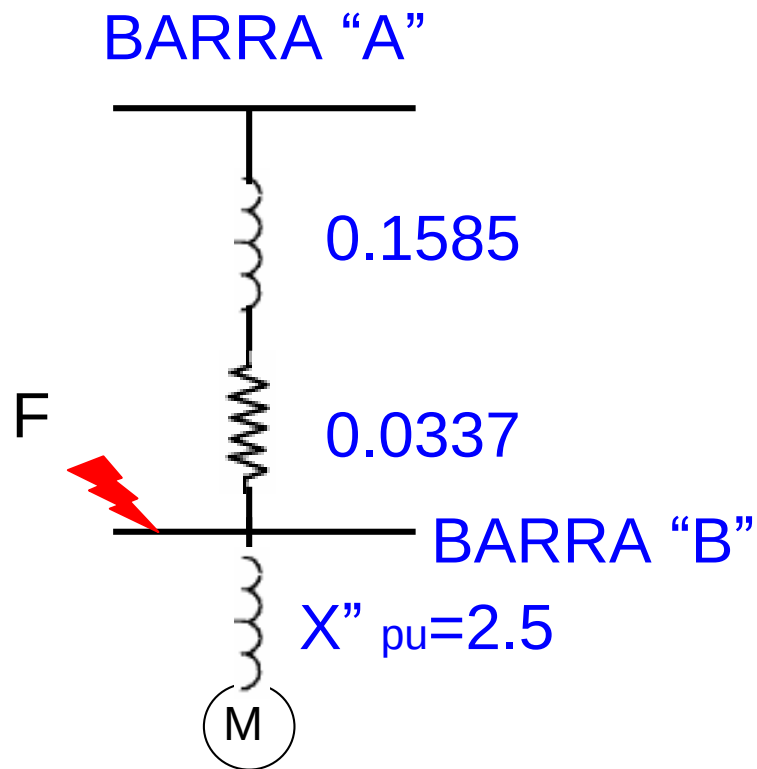
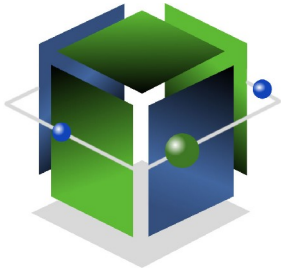


DIAGRAMA EQUIVALENTE



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

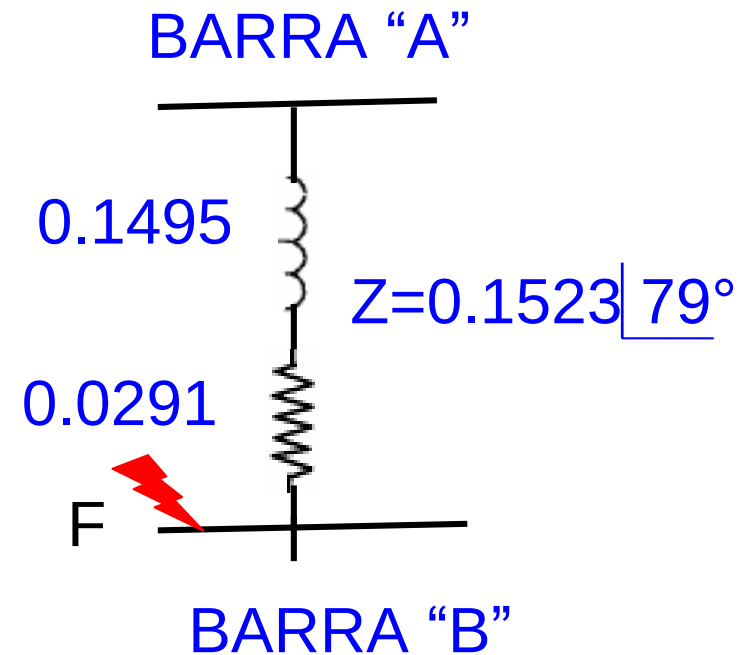
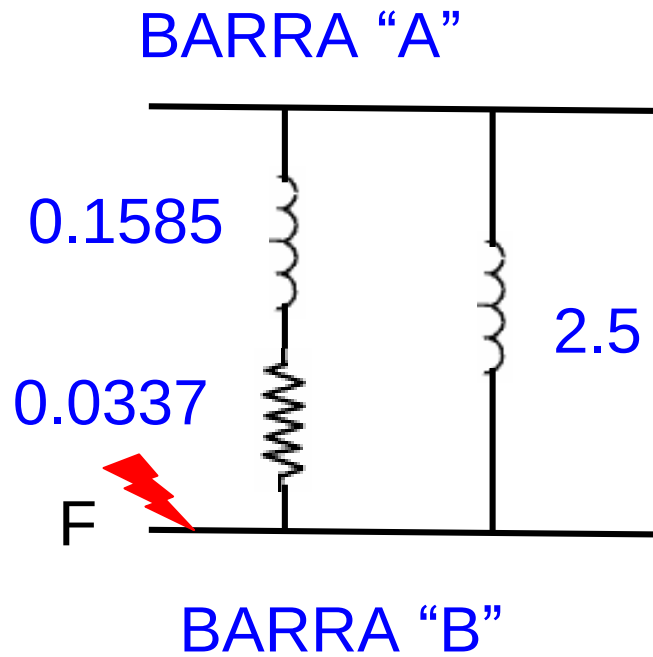
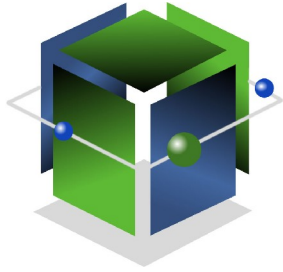


DIAGRAMA EQUIVALENTE



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

$$I_{sc.sym.pu.motor} = \frac{1}{2.5} = 0.4$$

$$I_{sc.sym.motor} = (0.4)(1388) = 555Amps.$$

$$I_{sc.asym.motor} = (555)(1.25) = 694Amps.$$

$$I_{sc.syme.pu.con.cont.motor} = \frac{1}{0.1523} = 6.566$$

SC en barra "B" con contribución del motor

$$I_{sc.sym.rms.con.contri.motor} = (6.566)(1388) = 9114Amps.$$

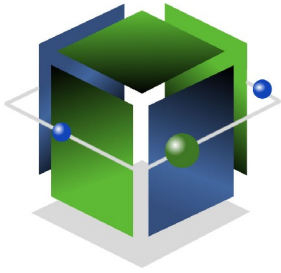


CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

Basado en la relación $X/R = 4.703$, buscamos en tabla el factor asimétrico, el cual nos indica un valor de 1.232

$$I_{sc.rms.asym.sin contrib} = (8566)(1.232) = 10553Amps.$$

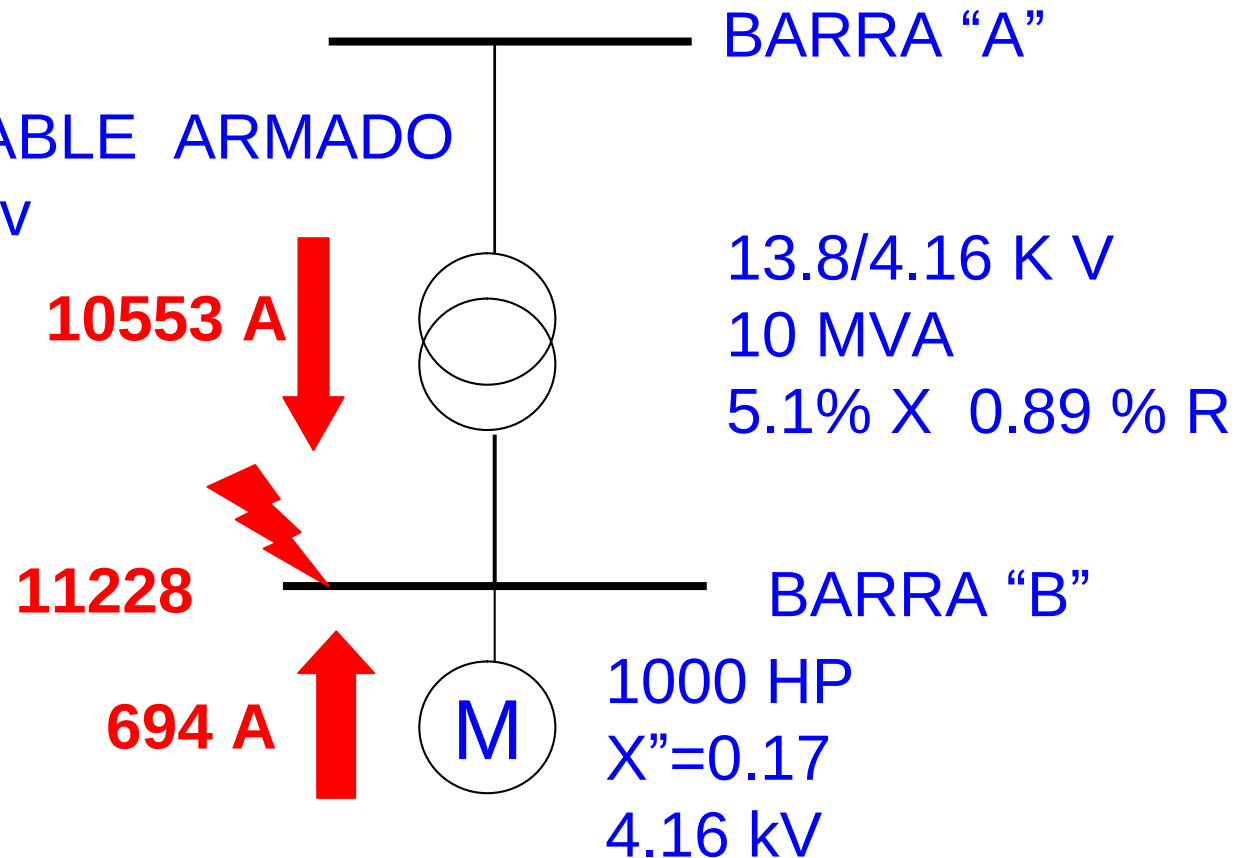
$$I_{sc.rms.asym.conconcontrib} = (9114)(1.232) = 11228Amps.$$



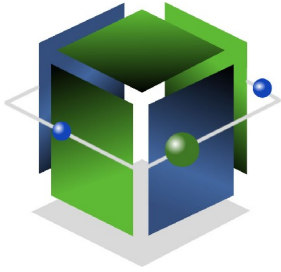
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

100 mts CABLE ARMADO
3X1/0 15 Kv

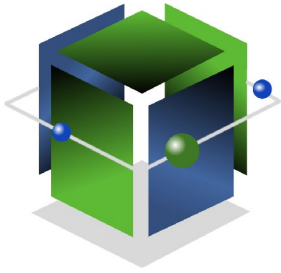


FLUJO DE CORRIENTES



PAZOS A REALIZADOS PARA EL CÁLCULO DE CC.

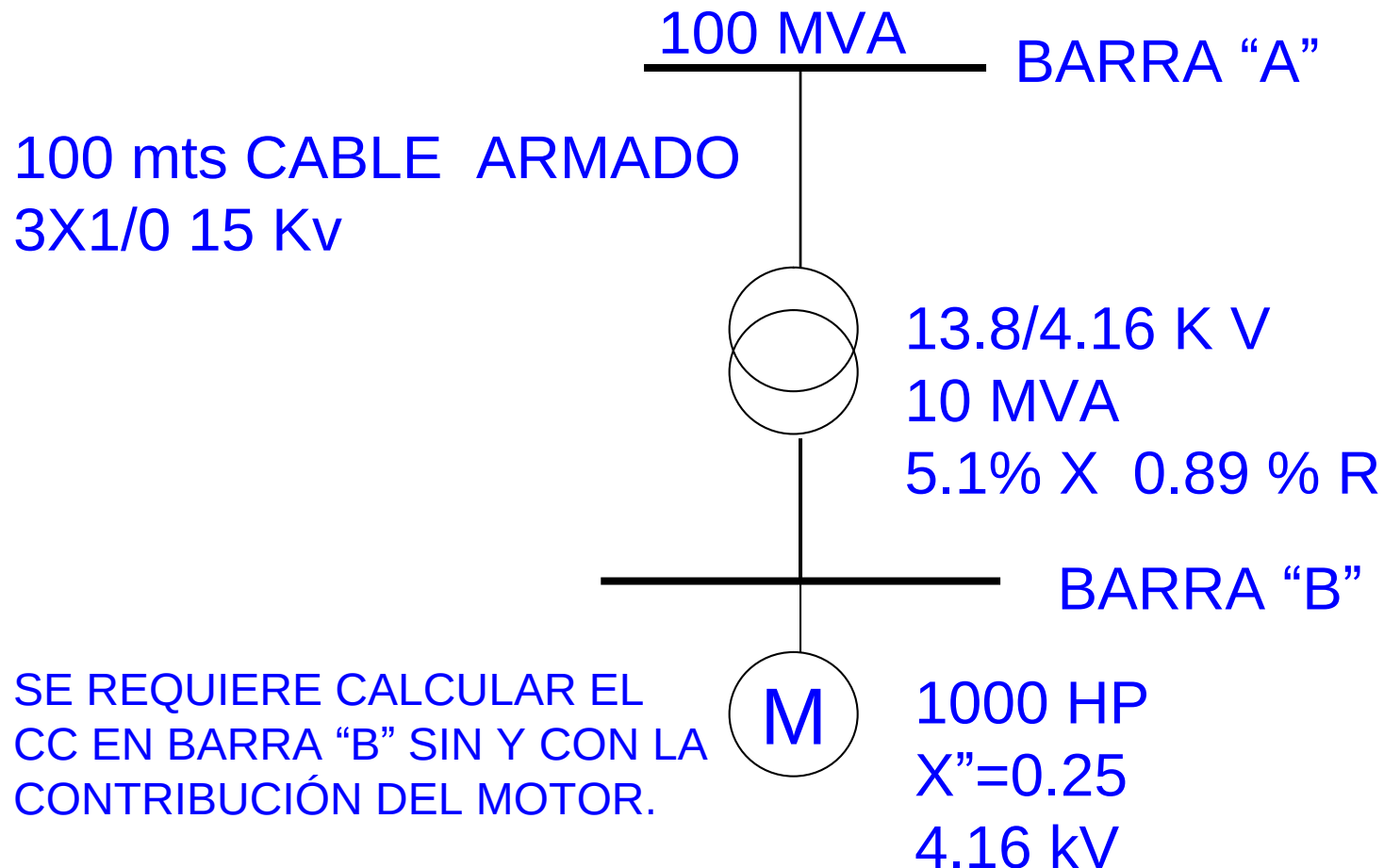
- Preparar el diagrama unifilar.
- Recopilar data y convertir a valores en por unidad (pu).
- Combinar los valores por unidad (Reducir circuito)
- Calcular los valores de corto circuitos en por unidad.
- Calcular los valores de corto circuitos en valores reales.

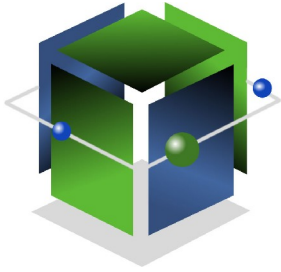


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

➤ EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO MÉTODO MVA.



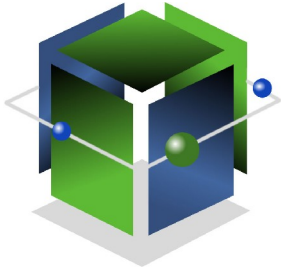


- Fórmulas a Utilizar.

Básicamente este método es una modificación del método óhmico, en el cual se trabajara con valores de MVA, transformando los valores de impedancia a su equivalente en MVA, en vez de valores de impedancias.

$$MVA_{cc.l\acute{ı}neas / cables} = \frac{kV^2}{Z} \quad MVA_{cc.motores.genr.} = \frac{MVA_{motor.generador}}{X''_{d.motor.gener.}}$$

$$MVA_{cc.transf.} = \frac{MVA_t}{Z_{pu.transf.}} \quad I_{cc} = \frac{MVA}{\sqrt{3}kV} = kA$$

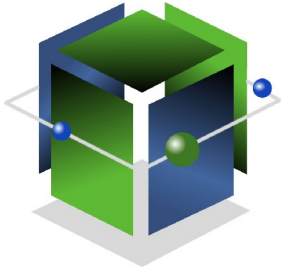


- Una vez elaborado el diagrama unifilar y recolectada la data, se procede a obtener los valores de MVA.

$$MVA_{\text{sistema}(utility)} = 100MVA$$

$$Z_{\text{transf.}} = \sqrt{5.1^2 + 0.89^2} = 5.1770\% = 0.0517$$

$$MVA_{\text{cc.transf.}} = \frac{10}{0.0517} = 193.42MVA$$



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

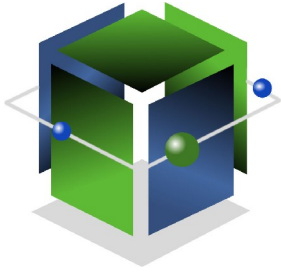
$$X_{cable.1/0} = (130)(100 / 10^6) = 0.013\Omega$$

$$R_{cable.1/0} = (428)(100 / 10^6) = 0.043\Omega$$

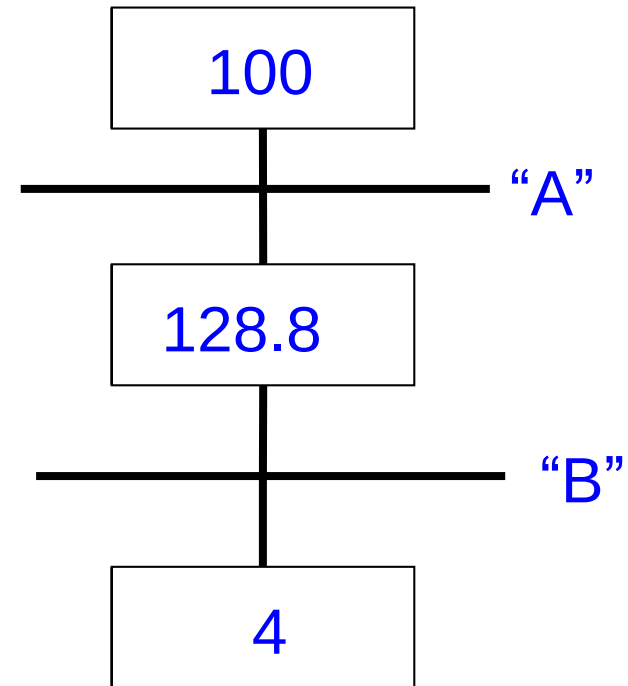
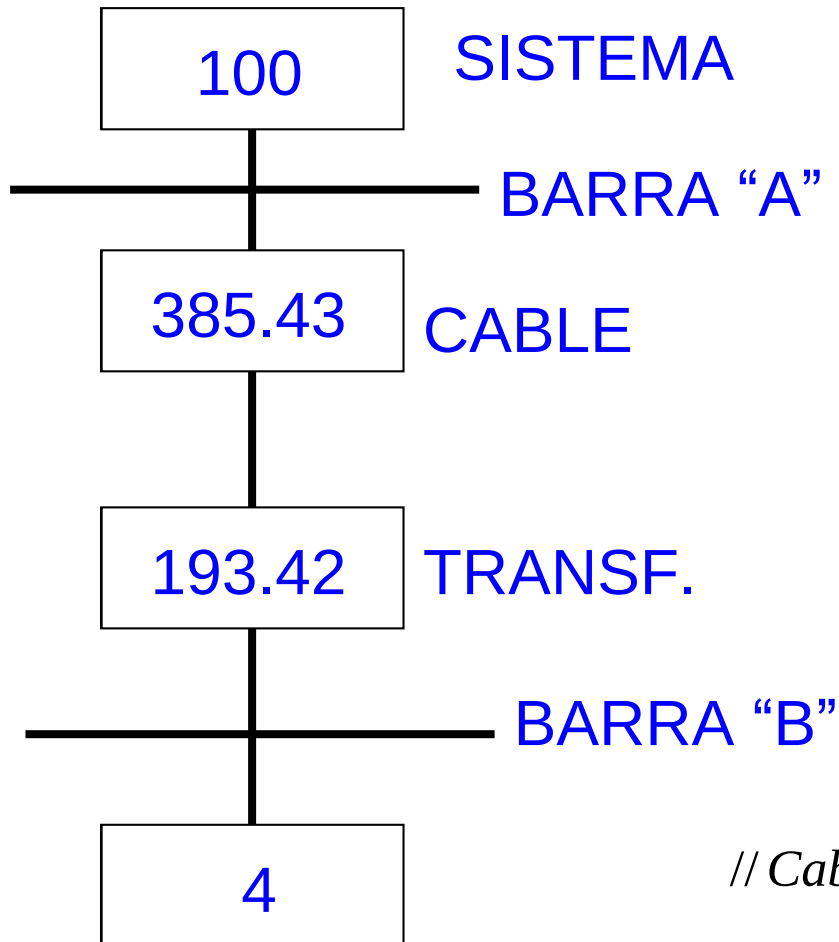
$$Z_{cable} = \sqrt{0.043^2 + 0.013^2} = 0.0449\Omega$$

$$MVA_{cc.cable} = \frac{4.16^2}{0.0449} = 385.425MVA$$

$$MVA_{cc.motor} = \frac{1}{0.25} = 4MVA$$



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

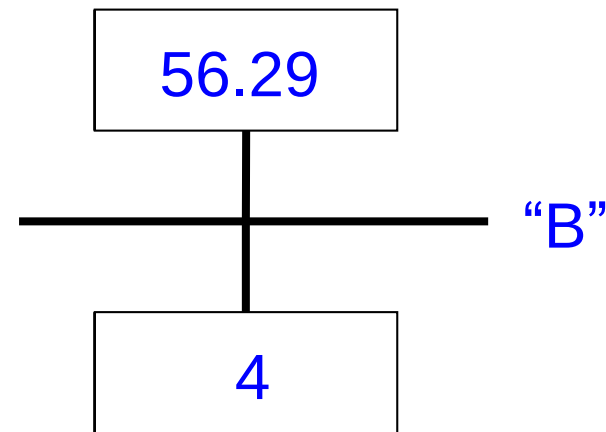
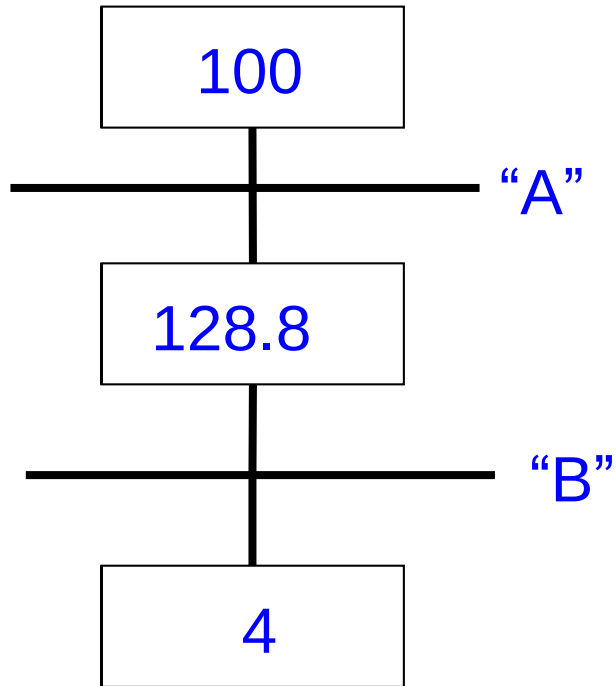


$$// \text{Cable} - \text{Transf.} = \frac{(385.43)(193.42)}{385.43 + 193.42} = 128.8$$

DIAGRAMA DE BLOQUES



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



$$// \text{ Sistema } - 179.15 = \frac{(100)(128.8)}{100 + 128.8} = 56.29$$

DIAGRAMA DE BLOQUES



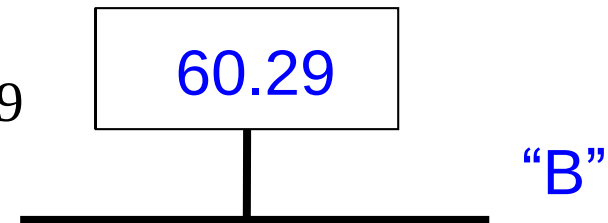
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

SC en barra “B” sin contribución del motor

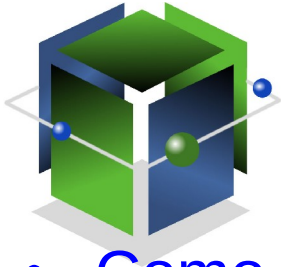
$$I_{sc.sym.rms.sin\ cont.motor} = \frac{56.29}{\sqrt{3} * 4.16} = 7.81kAmps.$$

SC en barra “B” con contribución del motor

$$Paralelo // 64.18 - motor = 56.29 + 4 = 60.29$$

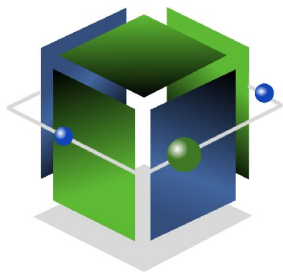


$$I_{sc.sym.rms.sin\ cont.motor} = \frac{60.29}{\sqrt{3} * 4.16} = 8.36kAmps.$$



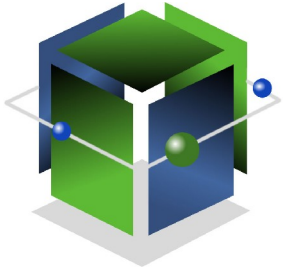
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

- Como no se dispone de la relación X/R para determinar el factor asimétrico, se recomienda utilizar los siguientes valores para calcular las corrientes asimétricas de interrupción en función al tipo de interruptor:
 - ✓ 1.6 para interruptores en aceite por encima de 5 kVA.
 - ✓ 1.5 para interruptores hasta 5 kVA.
 - ✓ 1.25 para interruptores en aire.
- O utilizar los siguientes valores:
 - ✓ 1 Para interruptores de ocho ciclos o mas.
 - ✓ 1.1 Para interruptores de cinco ciclos.
 - ✓ 1.2 Para interruptores de tres ciclos.
 - ✓ 1.4 Para interruptores de dos ciclos



COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS TRES MÉTODOS

Isc "B"	ÓHMICO AMPS.	P.U. AMPS.	MVA AMPS.
SYMT. SIN CONTRIB. MOTOR	8578	8566	7812
SYMT. CON CONTRIB. MOTOR	9134	9114	8367

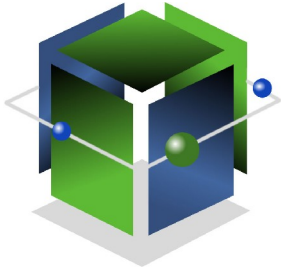


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

PAZOS A REALIZADOS PARA EL CÁLCULO DE CC.

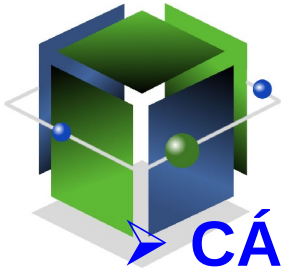
- Preparar el diagrama unifilar.
- Recopilar data y convertir a valores en MVA.
- Combinar los MVA como si fuesen admitancias.
- Calcular los valores de corto circuitos.



Como se puede notar en la tabla anterior mostrada, los dos primeros métodos (óhmico y p.u.) prácticamente no muestran diferencias entre los resultados; presentándose diferencias en mayor grado, menor al 10%, entre el método MVA y los dos primeros. Este error es bastante aceptable para cálculos de corto circuito en tensiones de media tensión en adelante.

Como el método de MVA no considera resistencias puras, el error se incrementa cuando estas forman parte del circuito, como es el caso de las resistencias de contacto muy comúnmente utilizadas en circuitos de baja tensión.

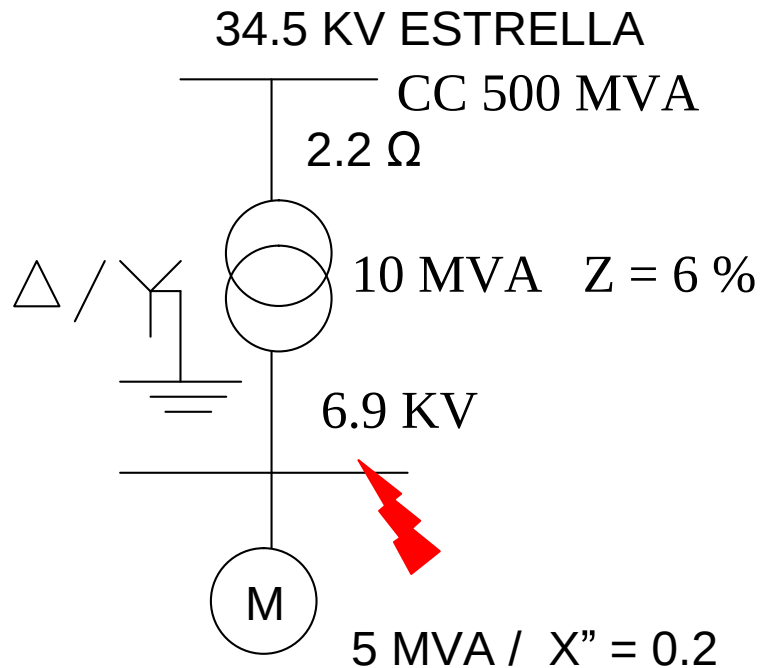
Pero en la práctica este método es bien venido.



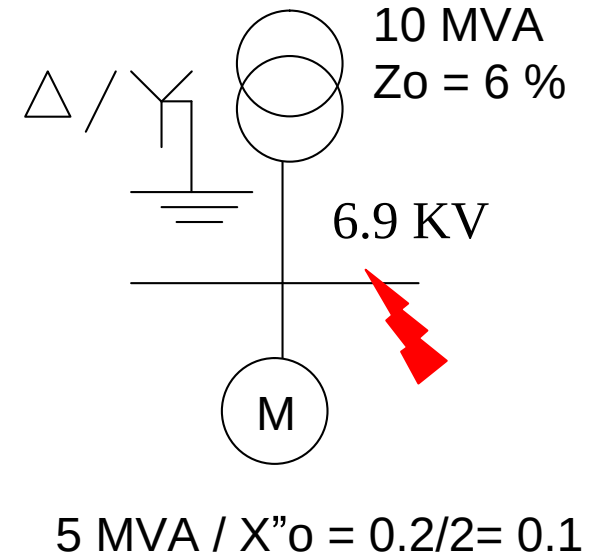
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

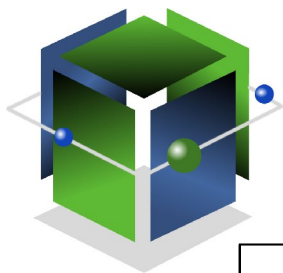
CÁLCULO CC FASE A TIERRA MÉTODO MVA



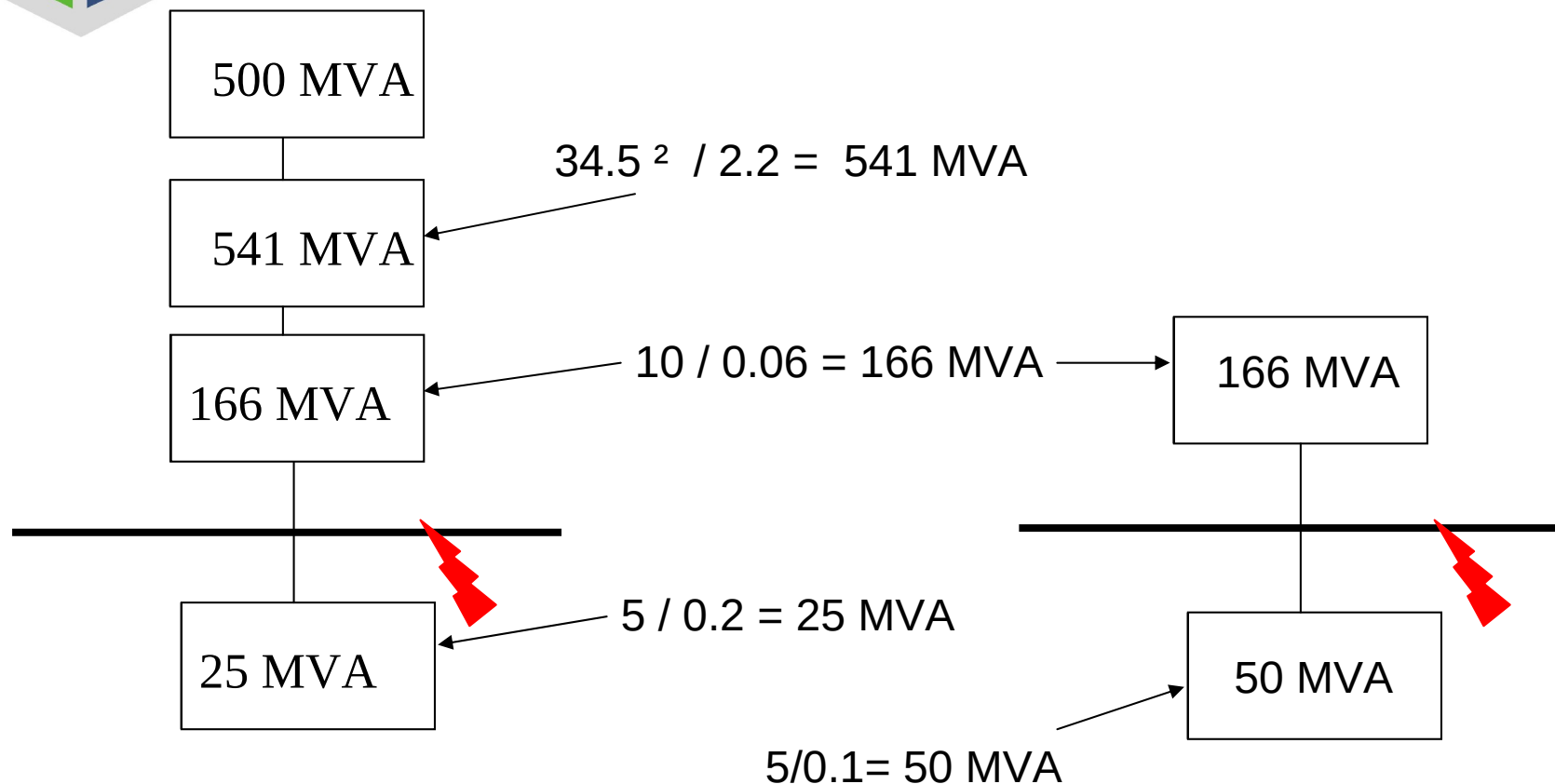
**DIAGRAMA PARA LAS SECUENCIAS
POSITIVA Y NEGATIVA**



**DIAGRAMA PARA LA SECUENCIA
CERO**



CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



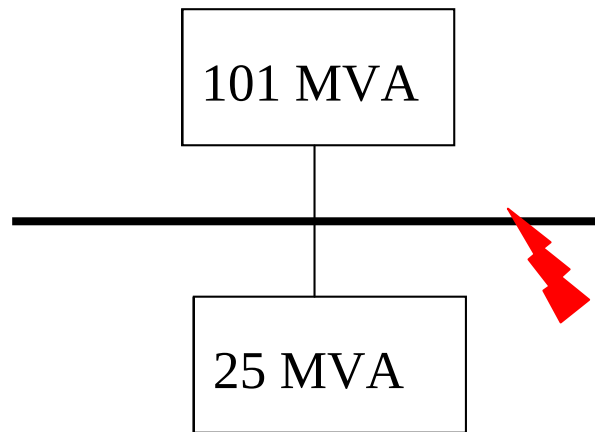
**DIAGRAMA DE BLOQUES
SECUENCIAS
POSITIVA Y NEGATIVA**

**DIAGRAMA DE BLOQUES
SECUENCIA CERO**



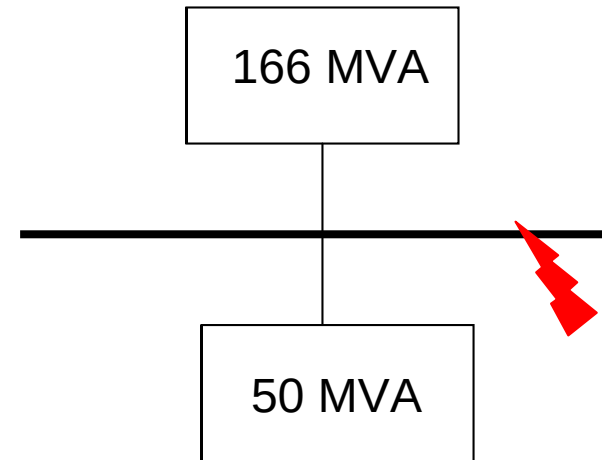
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



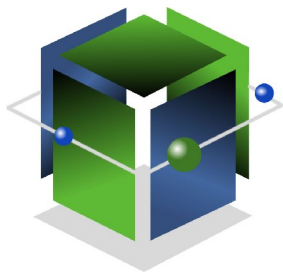
**DIAGRAMA DE BLOQUES
SECUENCIAS
POSITIVA Y NEGATIVA**

$$MVAX_1 = MVAX_2 = 126$$



**DIAGRAMA DE BLOQUES
SECUENCIA CERO**

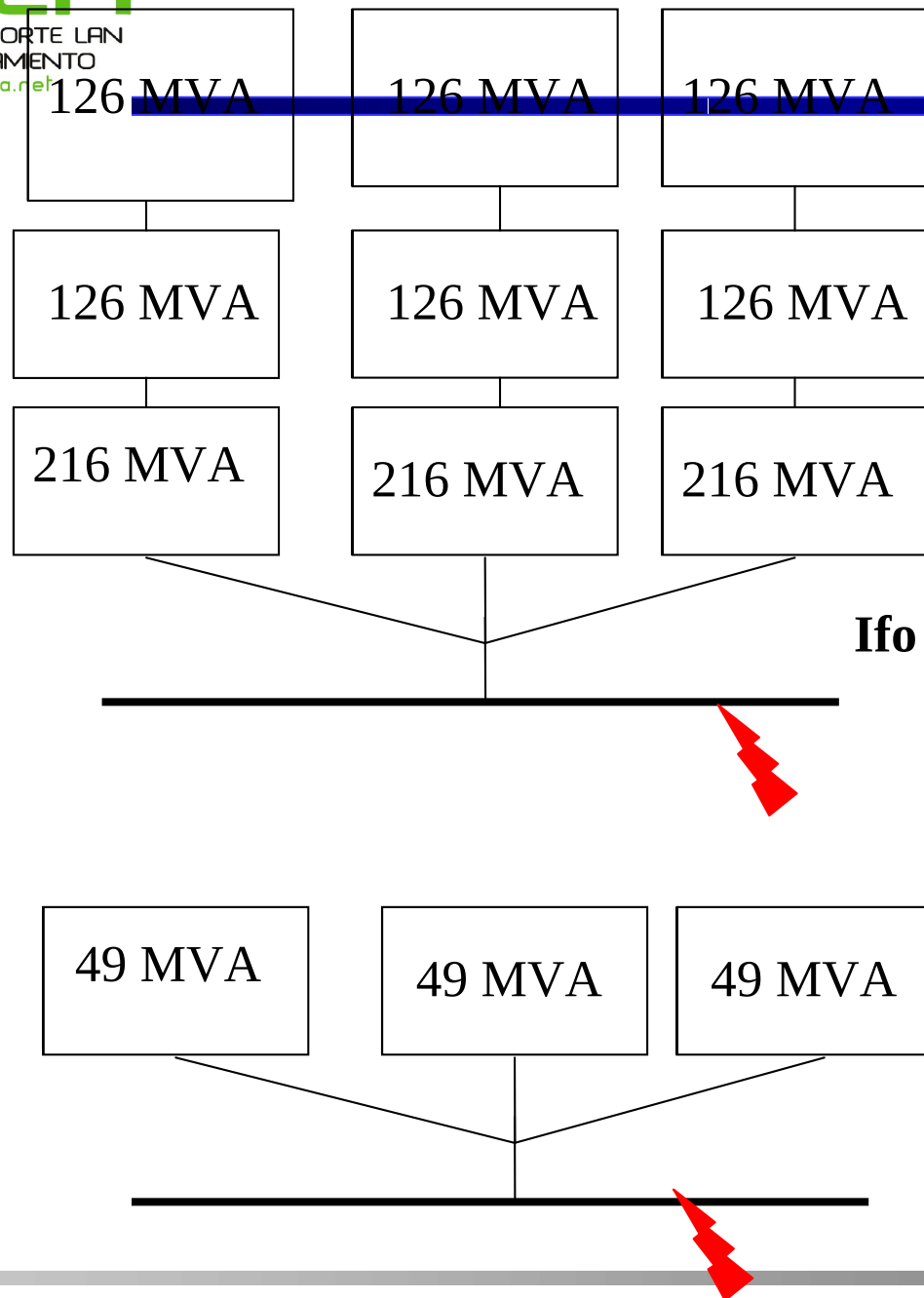
$$MVAX_0 = 216$$

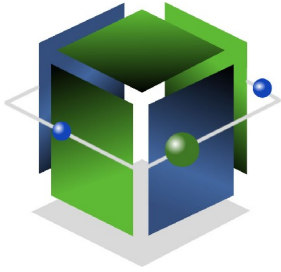


SSLA

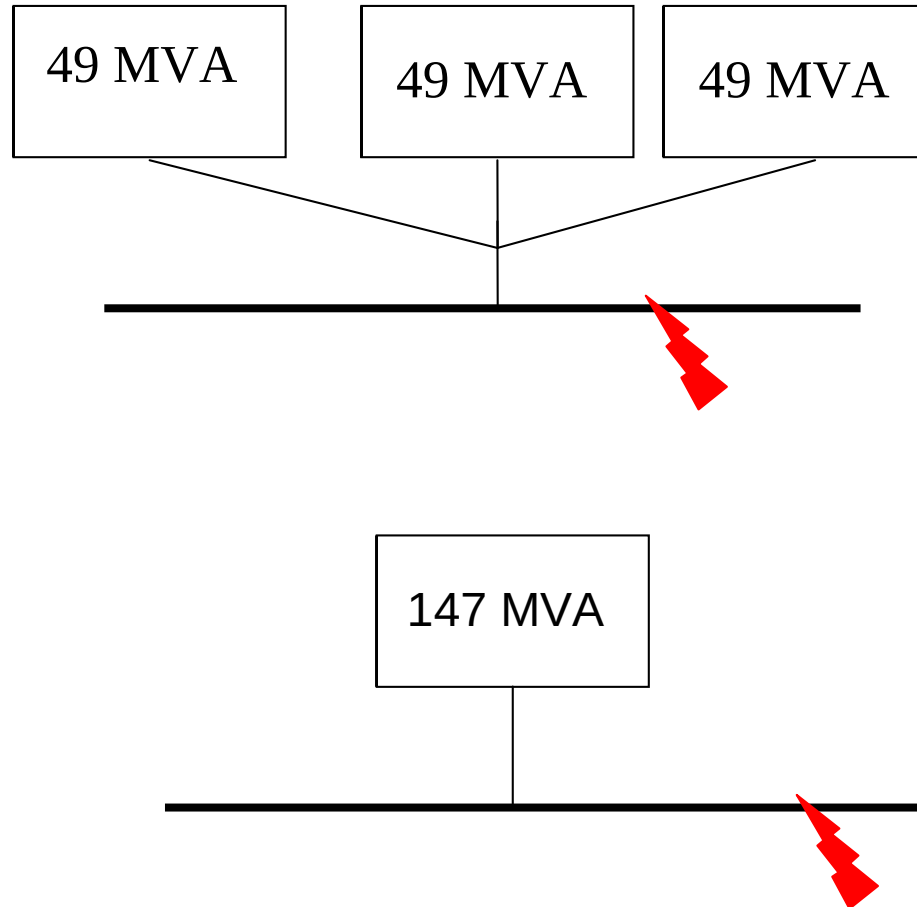
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.





CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.



$$I_{cc} = \frac{147 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 6.9 \text{ kV}} = 12.3 \text{ kA} \Rightarrow 12300 \text{ A}$$

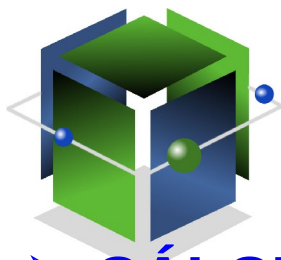


$$I_{cc} = \frac{147 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 6.9 \text{ kV}} = 12.3 \text{ kA} \Rightarrow 12300 \text{ A}$$

CORRIENTE MUY ELEVADA PARA FALLAS A TIERRA
EN UN MOTOR.

LA NORMA RECOMIENDA COLOCAR RESISTENCIA
ENTRE NEUTRO Y TIERRA PARA REDUCIR LA
CORRIENTE ENTRE 200 A 1200 AMPERIOS

$$R = \frac{6900 / \sqrt{3}}{200 \text{ A}} = 20 \Omega$$

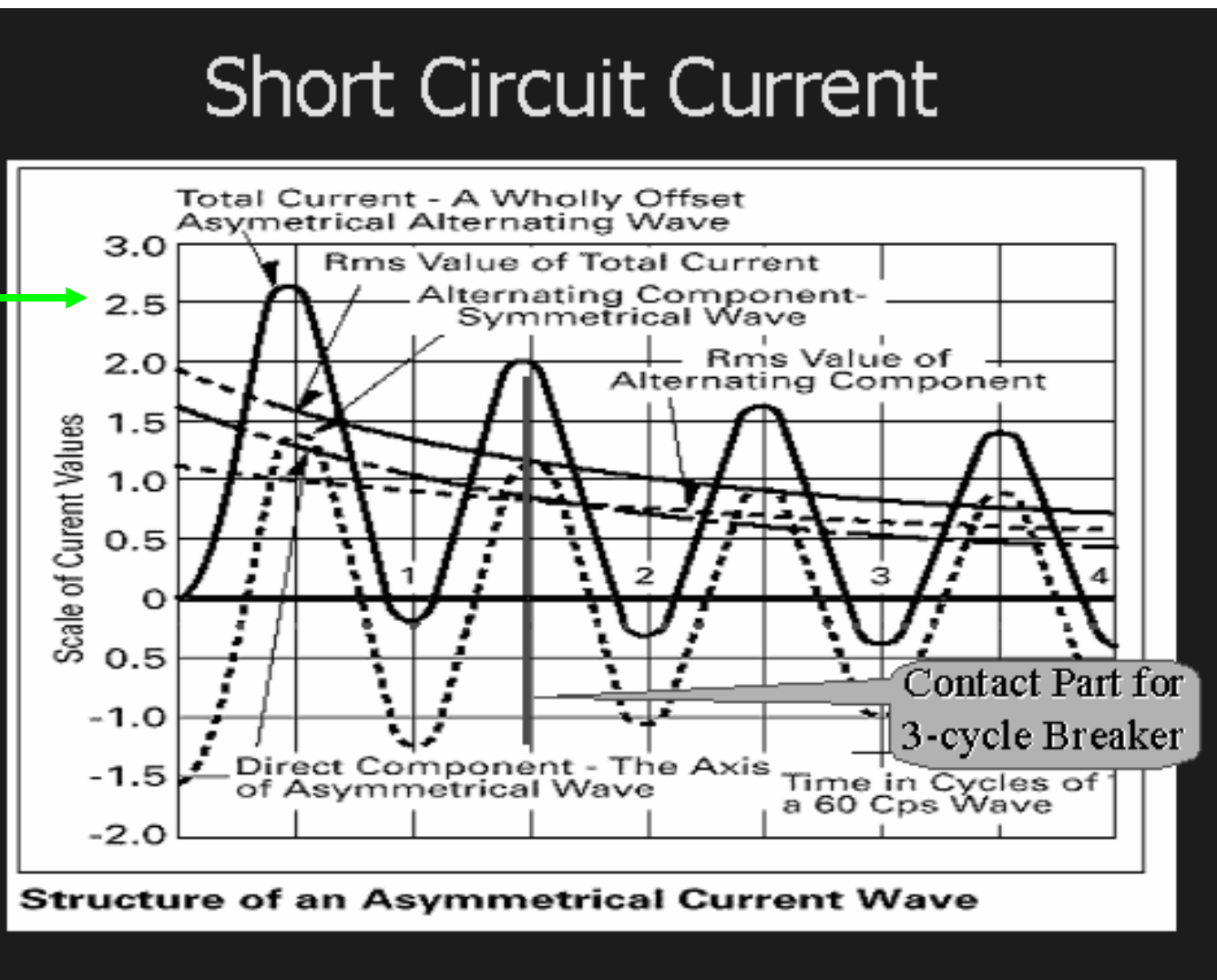


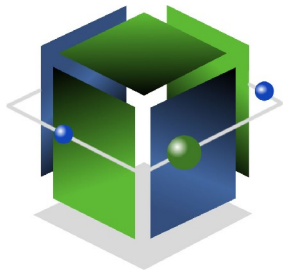
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

➤ CÁLCULO CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN EN INTRR. MT.

VALOR PICO
MAX.=
 $1.73 * 1.414 = 2.5$
½ CICLO





CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

$$i_t(t) = Ke^{-\frac{R}{L}t}$$

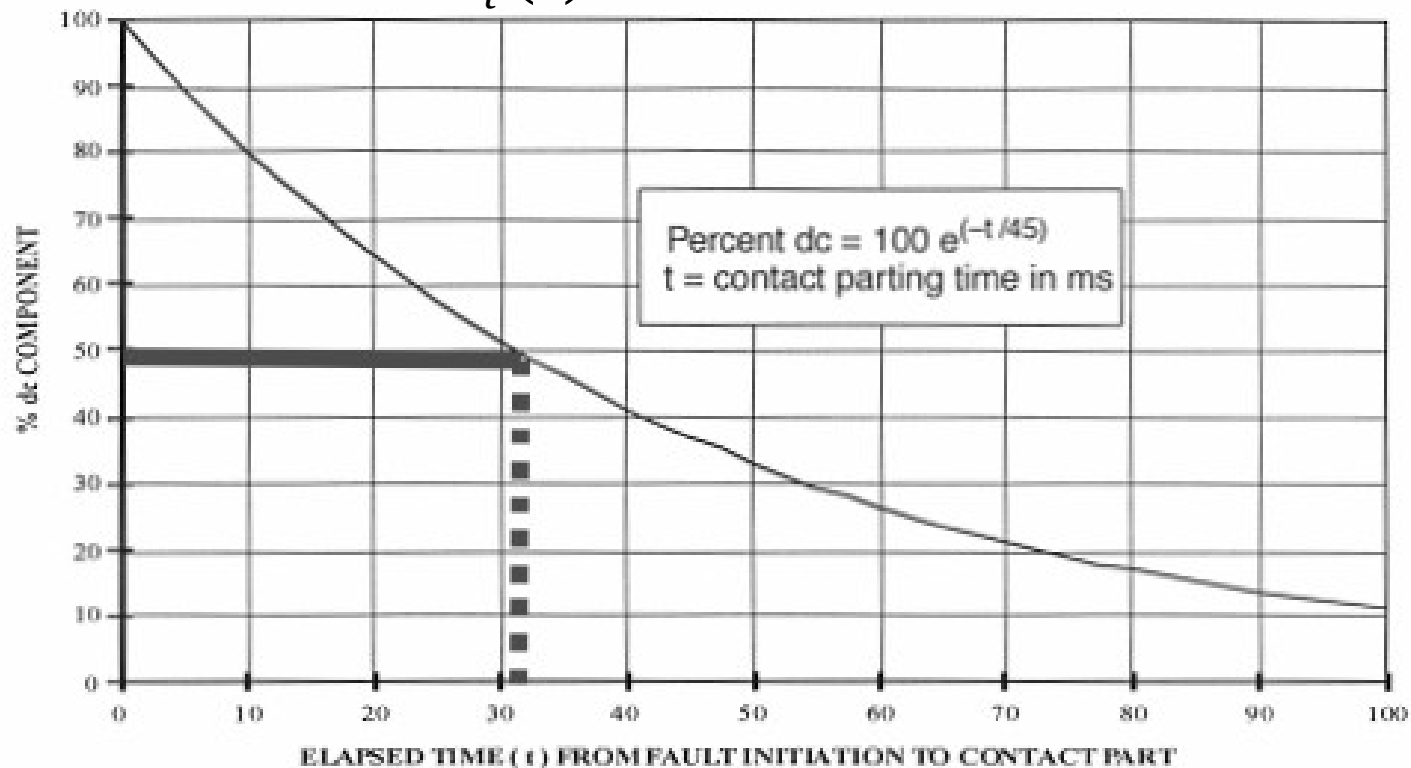
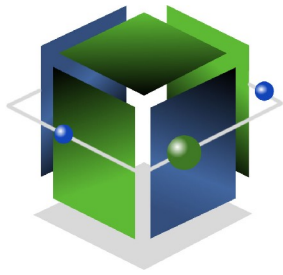


Figure 1 - Percent dc component of asymmetric current as a function of time for $x/r = 17$



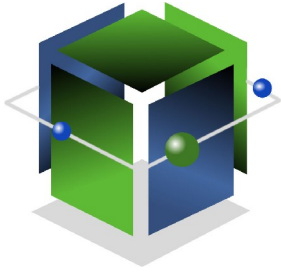
$$i_{total} = i_{symmetrical} \sqrt{1 + 2(\%dc / 100)^2}$$

$I_{sym} = 36 \text{ KA de Placa.}$

Interruptor de tres ciclos.

Tiempo de apertura mas $\frac{1}{2}$ ciclo del relé= 33 mseg.

$$I_{total} = 36 \sqrt{1 + 2 \left(\frac{50}{100} \right)^2} = 44kA$$

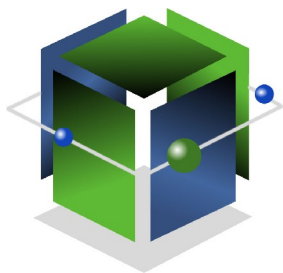


$I_{sym} = 36 \text{ kA}$ de Placa.

Interruptor de cinco ciclos.

Tiempo de apertura mas $\frac{1}{2}$ ciclo del relé= 50 mseg.

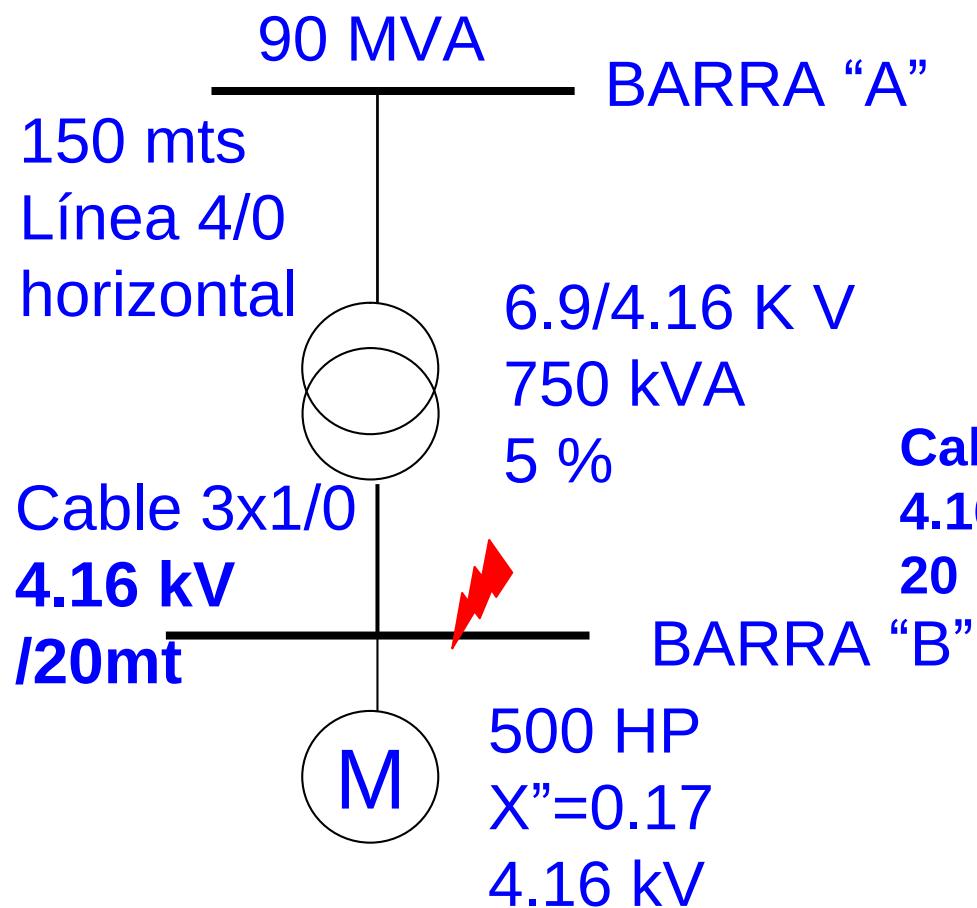
$$I_{total} = 36 \sqrt{1 + 2 \left(\frac{34}{100} \right)^2} = 40 \text{ kA}$$



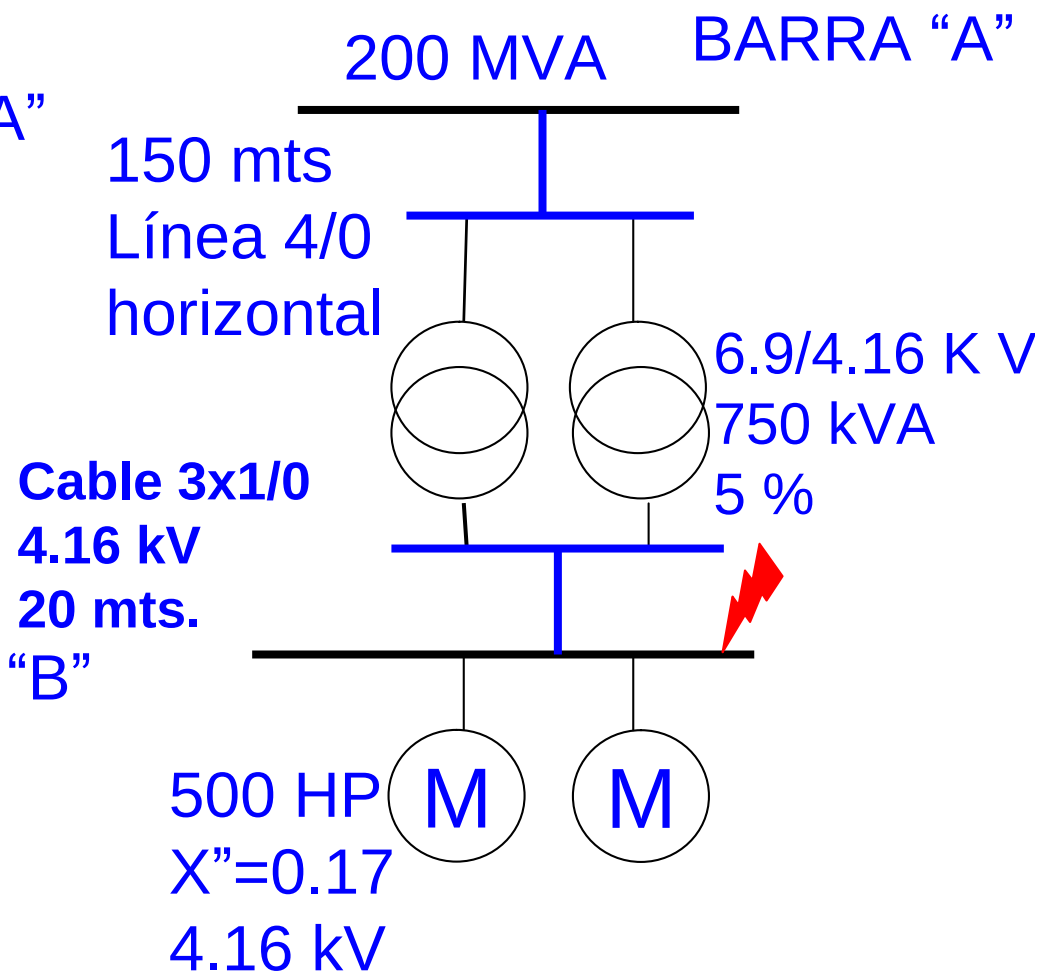
CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO.

➤ PROBLEMAS

Ejercicio 1



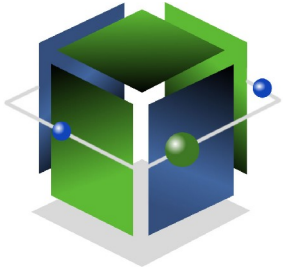
Ejercicio 2





En ambos ejercicios calcular las siguientes corrientes de fallas trifásicas en la barra “B” :

- Simétrica sin contribución y con contribución de los motores.
- Asimétrica sin contribución y con contribución de los motores asumiendo una relación X/R igual a 17.
- Si colocamos interruptores de **6** ciclos con **3** kA de interrupción de placa en los secundarios de los transformadores, Determinar si los mismos son capaces de aguantar la corriente de apertura.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN



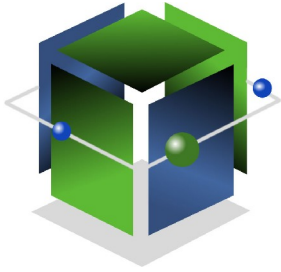
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

➤ DEFINICIÓN

Son dispositivos para transformar con precisión la corriente o voltaje de una magnitud a otra generalmente menor, debido principalmente a las siguientes razones:

- Reducir las magnitudes en forma precisa a valores que sean más fáciles de manipular (5 Amps., 120 V).
- Para aislar el equipo secundario de los valores primarios que son peligrosos.
- Para dar a los usuarios mayor flexibilidad en la utilización del equipo en las aplicaciones de medición y protección.

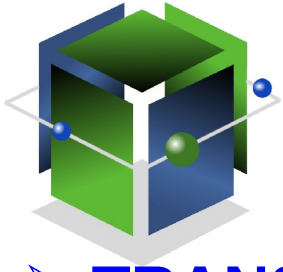


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Para las aplicaciones de protección y medición se deben especificar algunos parámetros básicos en los transformadores como lo son:

- Relación de transformación.
 - Precisión.
 - El burden (Carga).
 - Características generales.
-

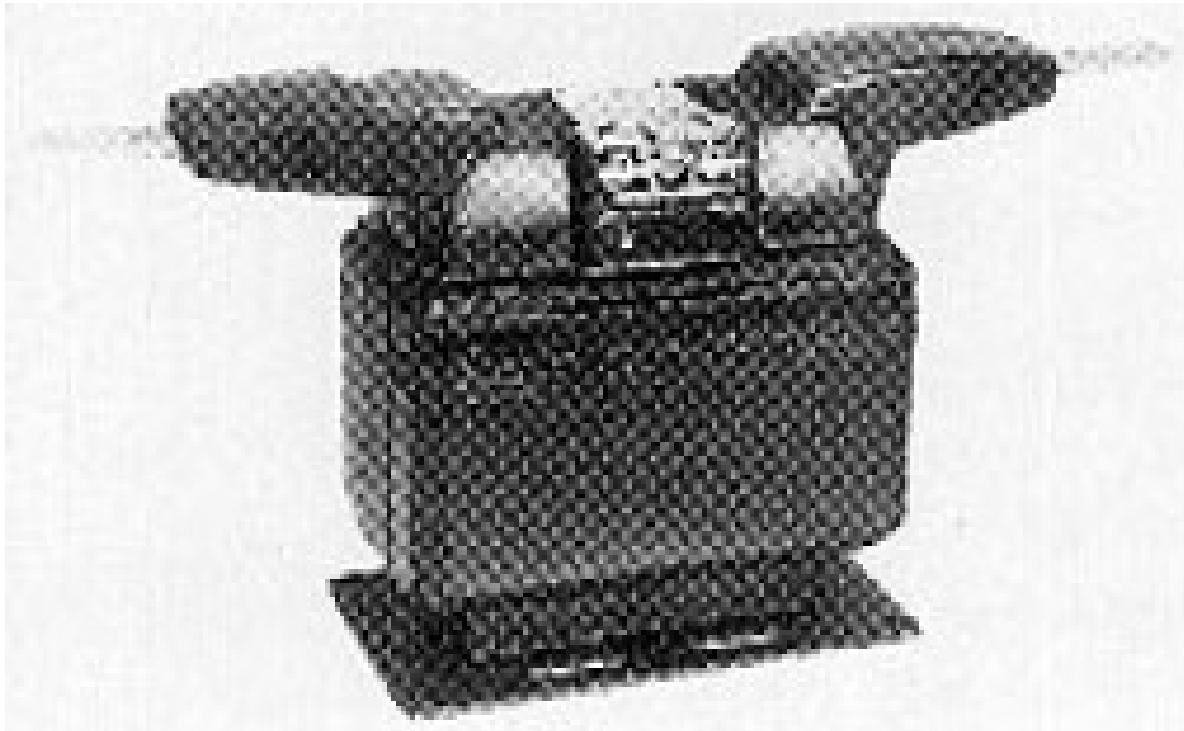


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

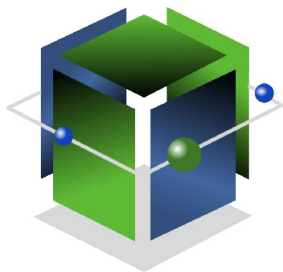
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

➤ TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

- Tipos de Transformador de Corriente (TC).

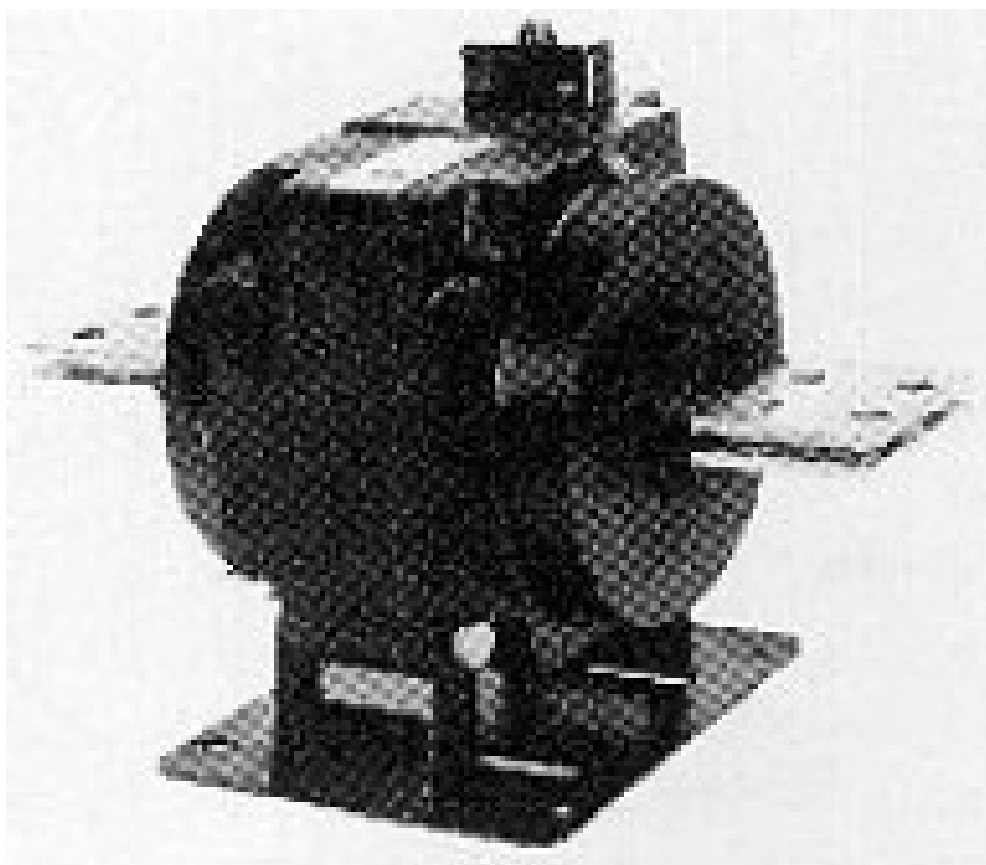


DOBLE ARROLLAMIENTO

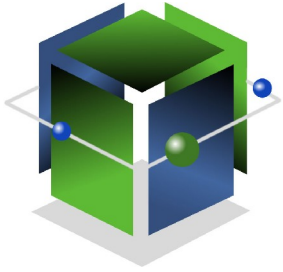


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN



PARA CONEXIONADO EN BARRAS

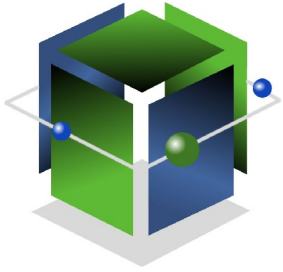


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN



TIPO VENTANA



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

- Polaridad.

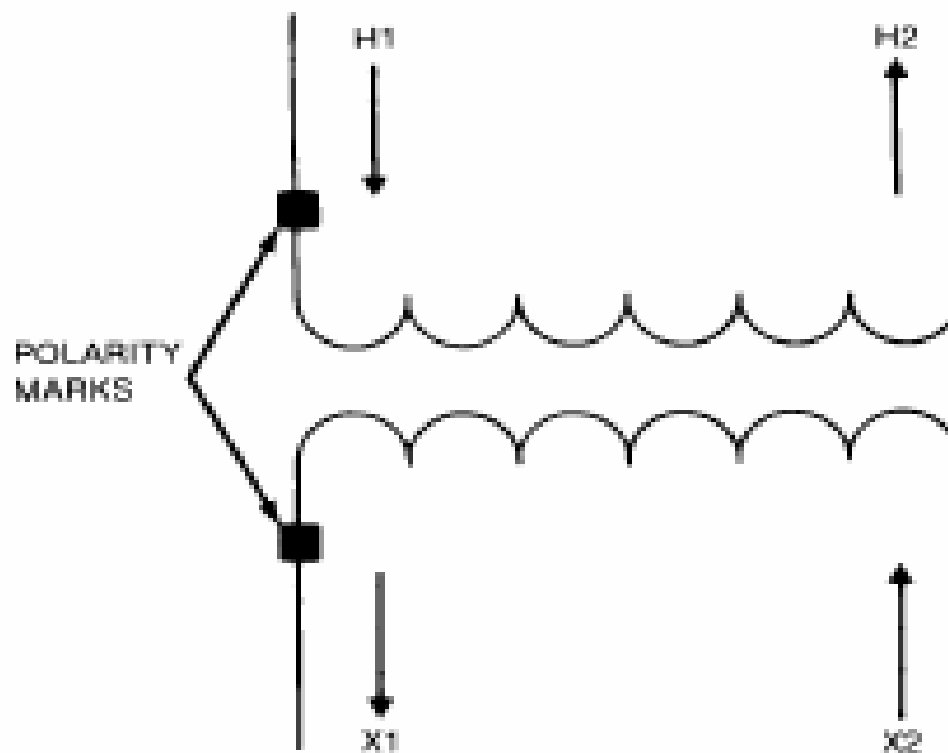


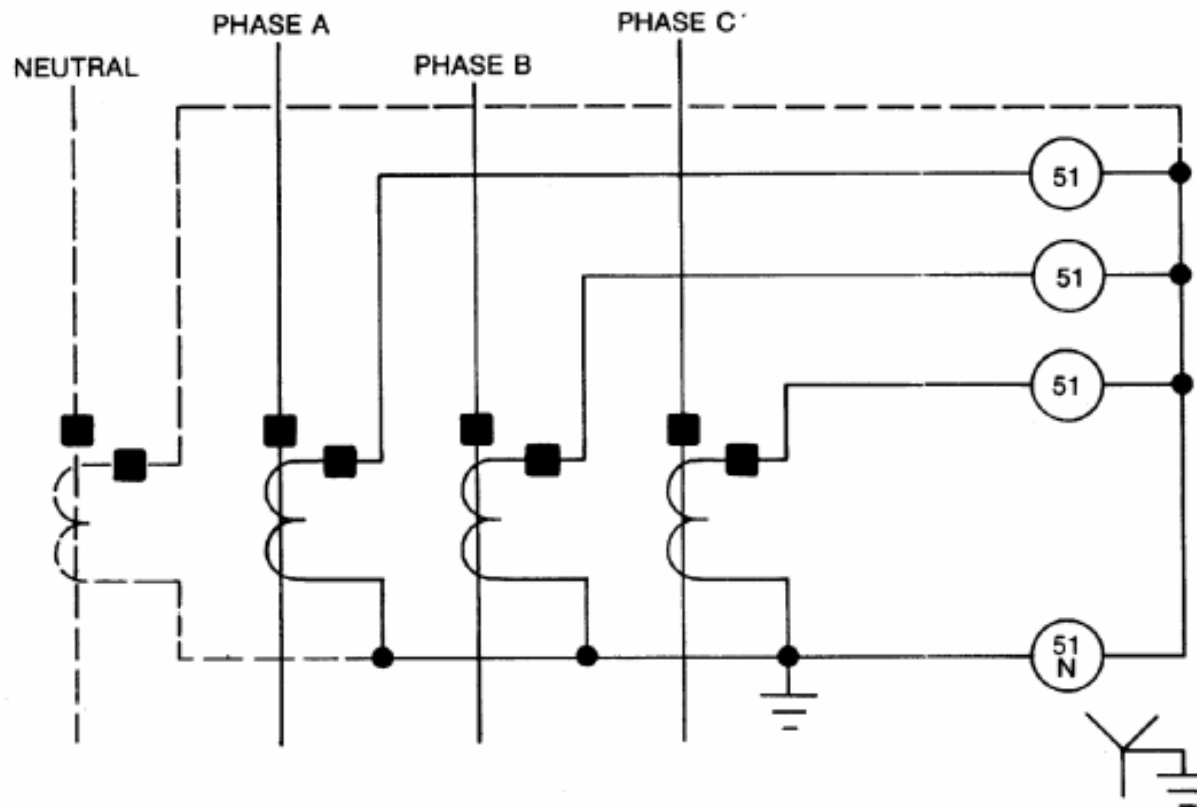
DIAGRAMA DE POLARIDAD



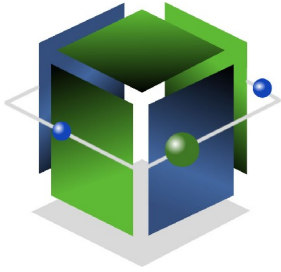
SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

- Polaridad y Conexionado.

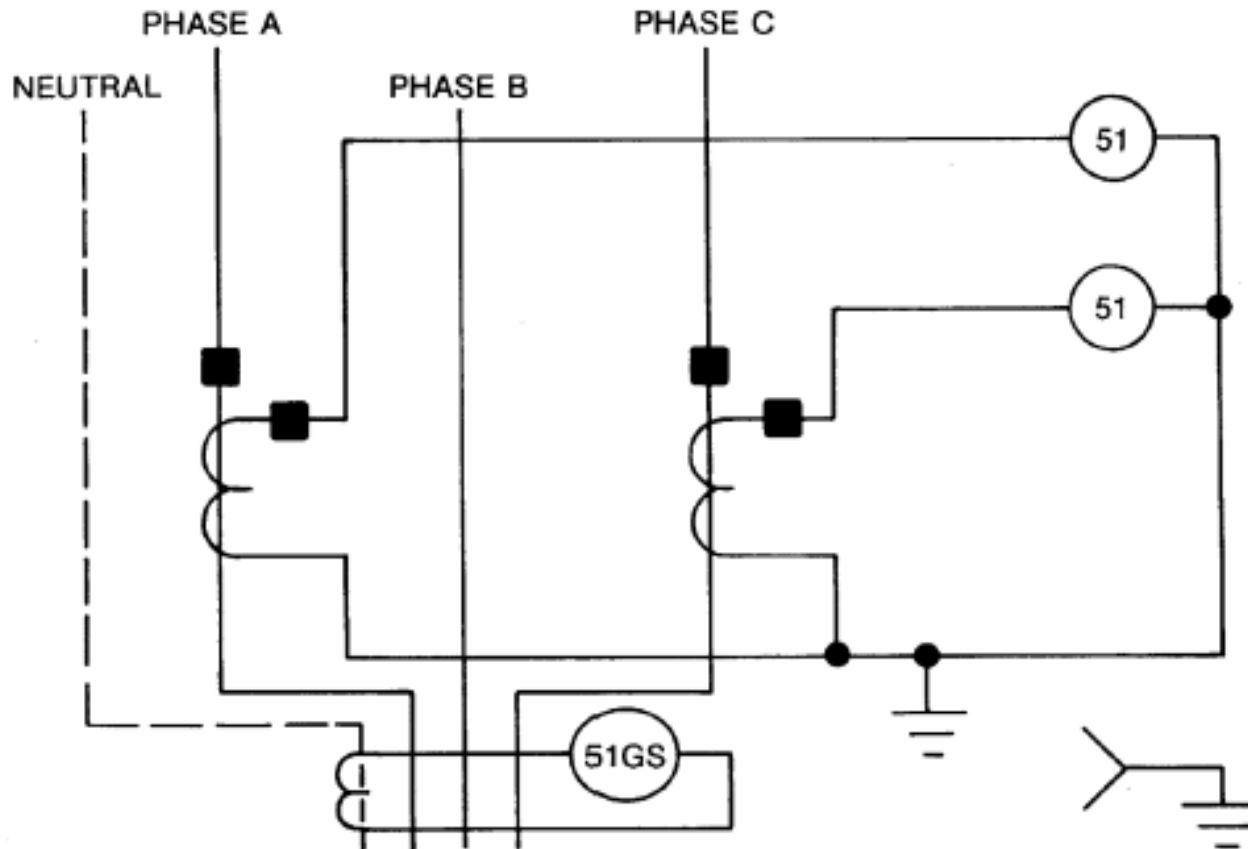


CONEXIONADO ESTRELLA

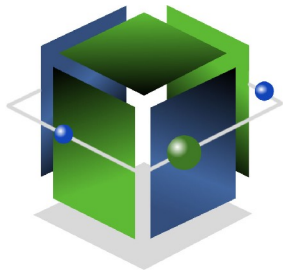


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSION

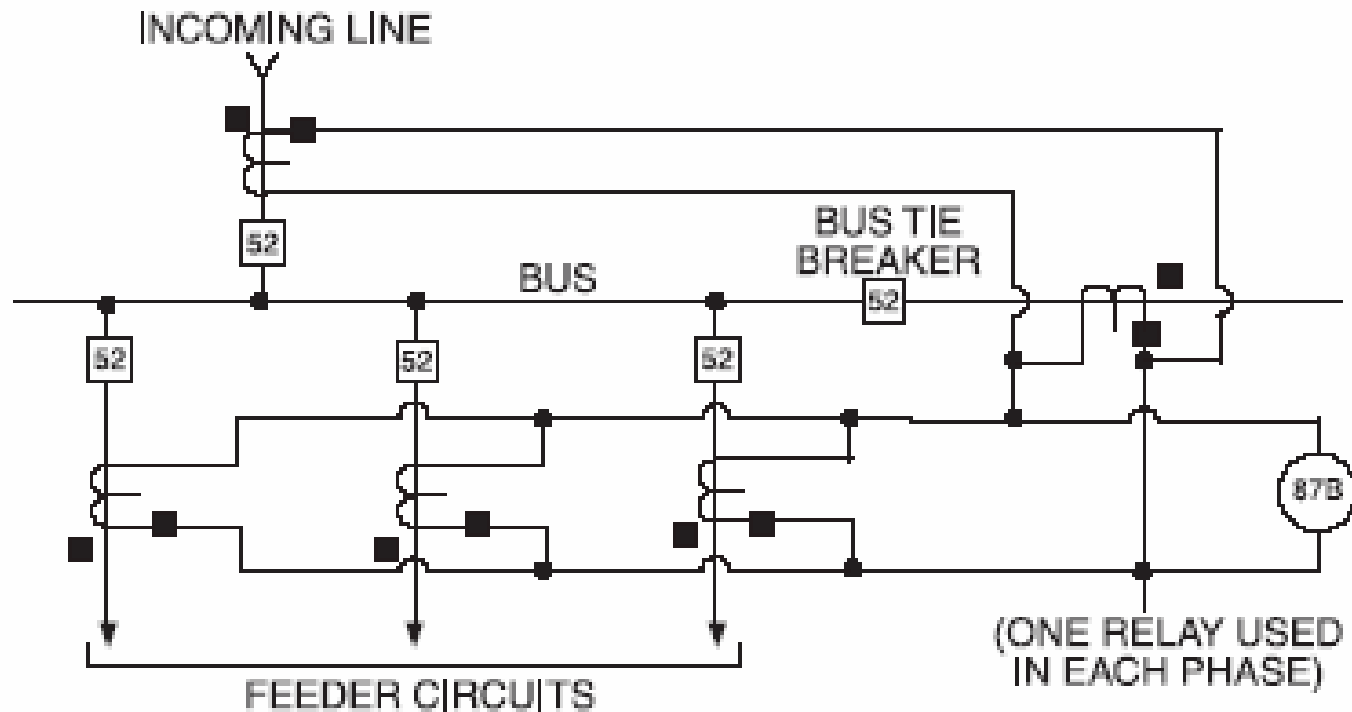


CONEXIONADO ESTRELLA ABIERTO

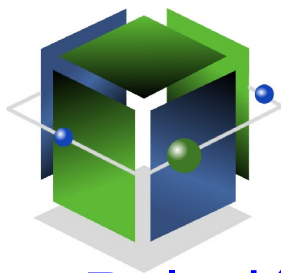


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSION

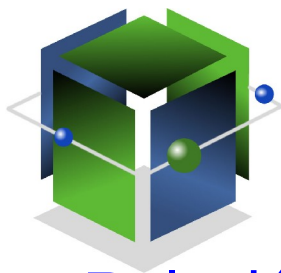


CONEXIONADO PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS



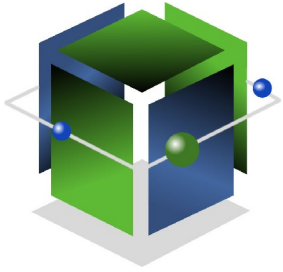
- Relación de Transformación IEEE STD. C57.13.1993.

Current ratings (A)	Secondary taps		Current ratings (A)	Secondary taps	
600:5	50:5	X2-X3	3000:5	300:5	X3-X4
	100:5	X1-X2		500:5	X4-X5
	150:5	X1-X3		800:5	X3-X5
	200:5	X4-X5		1000:5	X1-X2
	250:5	X3-X4		1200:5	X2-X3
	300:5	X2-X4		1500:5	X2-X4
	400:5	X1-X4		2000:5	X2-X5
	450:5	X3-X5		2200:5	X1-X3
	500:5	X2-X5		2500:5	X1-X4
	600:5	X1-X5		3000:5	X1-X5
1200:5	100:5	X2-X3	4000:5	500:5	X1-X2
	200:5	X1-X2		1000:5	X3-X4
	300:5	X1-X3		1500:5	X2-X3
	400:5	X4-X5		2000:5	X1-X3
	500:5	X3-X4		2500:5	X2-X4
	600:5	X2-X4		3000:5	X1-X4
	800:5	X1-X4		3500:5	X2-X5
	900:5	X3-X5		4000:5	X1-X5
	1000:5	X2-X5			
	1200:5	X1-X5			
2000:5	300:5	X3-X4	5000:5	500:5	X2-X3
	400:5	X1-X2		1000:5	X4-X5
	500:5	X4-X5		1500:5	X1-X2
	800:5	X2-X3		2000:5	X3-X4
	1100:5	X2-X4		2500:5	X2-X4
	1200:5	X1-X3		3000:5	X3-X5
	1500:5	X1-X4		3500:5	X2-X5
	1600:5	X2-X5		4000:5	X1-X4
	2000:5	X1-X5		5000:5	X1-X5



- Relación de Transformación IEEE STD. C57.13.1993.

Single ratio (A)	Double ratio with series—parallel primary windings (A)	Double ratio with taps in secondary winding (A)
10:5	25 × 50:5	25/50:5
15:5	50 × 100:5	50/100:5
25:5	100 × 200:5	100/200:5
40:5	200 × 400:5	200/400:5
50:5	400 × 800:5	300/600:5
75:5	600 × 1200:5	400/800:5
100:5	1000 × 2000:5	600/1200:5
200:5	2000 × 4000:5	1000/2000:5
300:5		1500/3000:5
400:5		2000/4000:5
600:5		
800:5		
1200:5		
1500:5		
2000:5		
3000:5		
4000:5		
5000:5		
6000:5		
8000:5		
12 000:5		



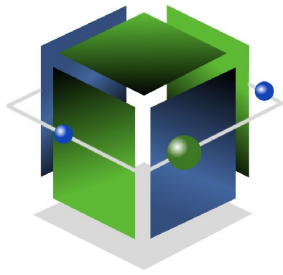
SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

- Precisión.

El funcionamiento de los reles de protección no solamente depende de la precisión de los TC a carga normal, si no también en momentos de falla. La precisión puede visualizarse como cuan parecida es la onda sinusoidal del secundario con la onda del primario.

La onda y la diferencia de fase, entre el primario y secundario, son componentes considerados en la clasificación de la precisión.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSION

La precisión del TC a altas corrientes depende del área del núcleo hierro y del número de vueltas en el secundario. Entre mayor es el área del núcleo, mayor será el flujo magnético antes de llegar al punto de saturación.

El rápido decrecimiento de la precisión de un TC se manifiesta cuando se llega a la saturación mismo.

A mayor número de vueltas en el secundario, se dispone de mayor flujo para manejar la corriente secundaria requerida en el rele. Este factor influye o ayuda a suministrar la corriente al burden o carga sin pérdida de precisión.

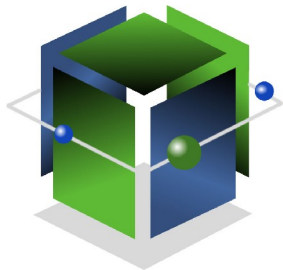


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

IEEE Std C57.13 1993 designa la precisión de los TC's en el uso de **relés** con las letras **C** y **T** y un número de clasificación. La letra **C** significa que el porcentaje de error de corrección de relación puede ser calculado con precisión, y la letra **T** (Test) significa que esta se determina por medio de pruebas.

El número o voltaje terminal que conecta al rele o carga, es el voltaje que puede entregar el TC a dicha carga a 20 veces la corriente normal (5 A), sin exceder el 10% de error de relación.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

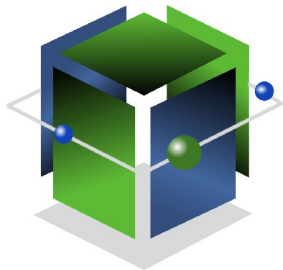
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Por ejemplo para un transformador con precisión C400 que alimenta a un rele, significa que la impedancia o burden en el secundario a 20 veces la corriente nominal ($20 \times 5 \text{ A} = 100 \text{ A}$) se calcula como:

$$V = 20 * 5 * Z_{burden}$$

$$Z_{burden} = \frac{400}{(20 * 5)} = 4\Omega$$

Los voltajes estándar en el secundario son: 10,20,50,100, 200, 400 y 800 Voltios.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

➤ EJEMPLO CÁLCULO DE PRECISIÓN PARA RELES.

Calcular el burden o carga y el error para un TC de 400/5, que alimenta las cargas indicadas abajo a través de un cable No. 10 AWG de cobre de 15 mts. de longitud.

El error se calculará utilizando la curva de excitación mostrada mas adelante y con 20 veces la corriente nominal (20*5Amps). La carga conectada es la siguiente:

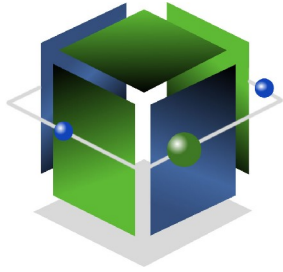
Medidor de Energía: $R = 0.013 \, \Omega$ / $L = 0.044 \, \text{mH}$

Vatímetro: $R = 0.023 \, \Omega$ / $L = 0.260 \, \text{mH}$

Amperímetro: $R = 0.055 \, \Omega$ / $L = 0.270 \, \text{mH}$.

Cable No. 10 AWG = $3.277 \, \Omega/\text{km}$.

CT 400/5 = $0.206 \, \Omega$



- Solución.

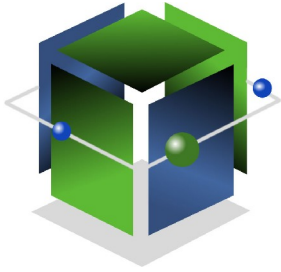
$$R_{cable} = \frac{(3.27)(15)}{1000} = 0.049\Omega$$

$$R_{total} = 0.013 + 0.023 + 0.055 + 0.049 + 0.206 = 0.346$$

$$P_{activa} = R_t I^2 = (0.346)(20 * 5)^2 = 3460W$$

$$X_t = 2\pi f L_t = (2)(3.1416)(60) \frac{(0.044 + 0.266 + 0.270)}{1000} = 0.219$$

$$Q_{reactiva} = X_t I^2 = (0.219)(20 * 5)^2 = 2190VAR$$



$$VA = \sqrt{3460^2 + 2190^2} = 4095VA$$

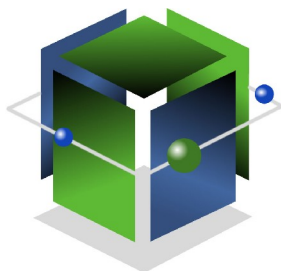
$$Z_t = \frac{VA}{I^2} = \frac{4095}{(20 * 5)^2} = 0.4095\Omega$$

$$V_{alimentación} = IZ_t = (20 \cdot 5)(0.4095) = 40.95V$$

Si vamos a la curva de excitación del transformador 400/5, mostrada en la página siguiente, con un voltaje de 40.95 V obtenemos la corriente de excitación de 0.12 Amperios.

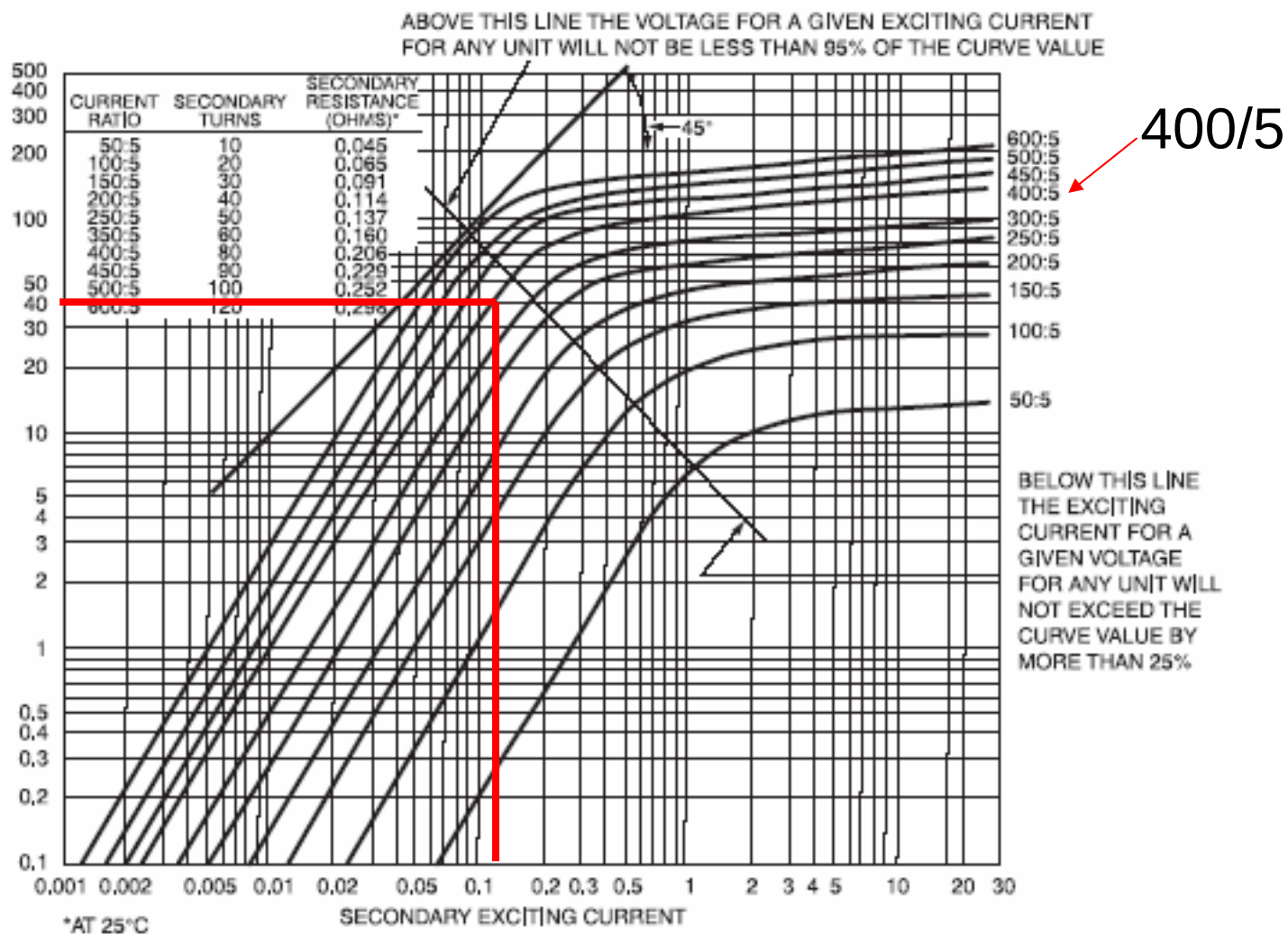
$$I_{excitación} = 0.12Amps. \quad \%_{error} = \frac{0.12}{(20 * 5)} 100 = 0.12\%$$

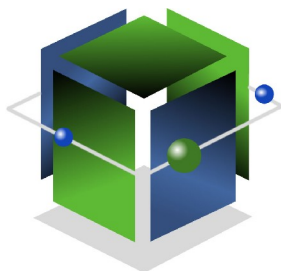
Para esta aplicación el TC está bastante adecuado, muy por debajo del 10% de error máximo permitido.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

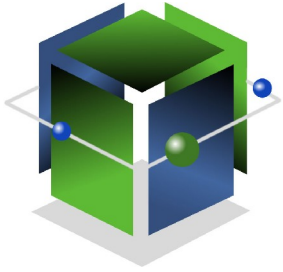




En cuanto a los TC para medición podemos manejar la precisión como se indicada en la tabla siguiente:

CLASE DE PRECISIÓN	100% CORRIENTE NOMINAL		10% CORRIENTE NOMINAL		LÍMITES DEL FACTOR DE POTENCIA (ATRASADO) DE LA CARGA MEDIDA
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
0.3	0.997	1.003	0.994	1.006	0.6 – 1.0
0.6	0.994	1.006	0.988	1.012	0.6 - 1.0
1.2	1.012	1.012	0.976	1.024	0.6 - 1.0

NOTA: Esta condición será dentro del rango FP entre 0.6 y 1 en atraso, y a 100% de la corriente primaria nominal.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

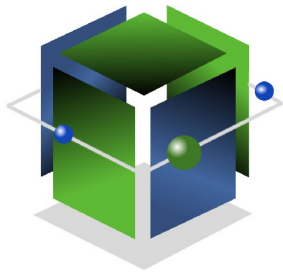
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Ejemplo:

0.3 B- 01 Significa precisión 0.3 burden 0.1

0.2 B- 02 Significa precisión 0.2 burden 0.2

0.6 B- 05 Significa precisión 0.6 burden 0.5



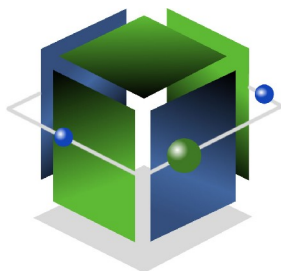
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSION

- Burden o Carga.

Como lo indicado en el ejercicio anterior el Burden, en transformadores de corriente, es la carga conectada en los terminales del secundario expresada como VA con su factor de potencia, y/o en valores óhmicos representando la impedancia.

El burden afecta la precisión del dispositivo, por eso es muy importante considerar el cable conectado a los reles y equipo de medición, sobre todo si la separación entre TC e instrumentos no están en el mismo área. Incrementando la relación y/o el burden del TC se evita alcanzar el punto de saturación.



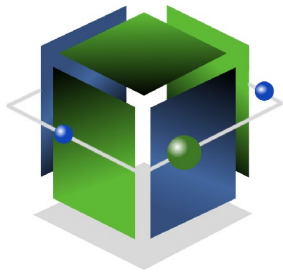
SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Burden ^b designation	Resistance (Ω)	Inductance (mH)	Impedance (Ω)	Volt- amperes (at 5 A)	Power factor
Metering burdens					
B-0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
B-0.2	0.18	0.232	0.2	5.0	0.9
B-0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B-0.9	0.81	1.04	0.9	22.5	0.9
B-1.8	1.62	2.08	1.8	45	0.9
Relaying burdens					
B-1	0.5	2.3	1.0	25	0.5
B-2	1.0	4.6	2.0	50	0.5
B-4	2.0	9.2	4.0	100	0.5
B-8	4.0	18.4	8.0	200	0.5

b: Solamente para 60hz.

BURDEN ESTANDAR PARA TC'S DE 5A

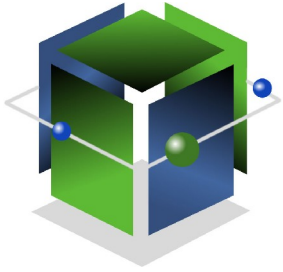


- Características Generales.
 - ✓ Voltaje nominal y BIL*.

Nominal system voltage (kV)	Maximum line-to-ground voltage (kV)	BIL and full wave crest [*] (kV)
0.6	0.38	10
2.4	1.53	45
5.0	3.06	60
8.7	5.29	75
15.0	8.9	110 or 95
25.0	16.0	150 or 125
34.5	22.0	200

*Basic impulse level.

- ✓ Capacidad térmica y mecánica de corto circuito.



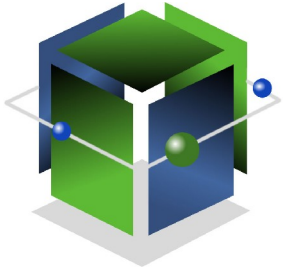
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSION

- Precauciones de Seguridad.

Es muy importante considerar que un TC nunca debe quedar con el circuito abierto cuando circula corriente por el primario. Esto ocasiona que se presente voltajes peligrosos tanto para el equipo como para el operador. Si un CT a pasado por esta situación debe ser verificado por posibles daños antes de colocarlo nuevamente en servicio.

Lo anteriormente expuesto se debe a que la corriente del primario se transforma totalmente en corriente de magnetización alcanzando el punto de saturación y con esto apareciendo cientos de voltios en el secundario.

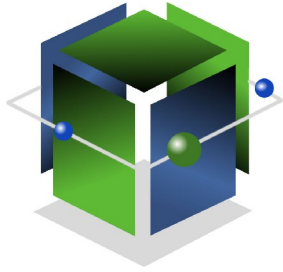


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

➤ PROBLEMA

Calcular la precisión con los datos del ejemplo, pero con TC de relación de 100/5.



- Solución.

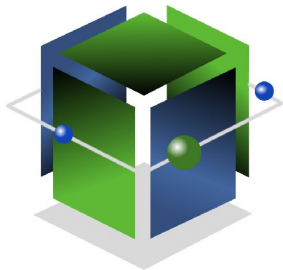
$$R_{cable} = \frac{(3.27)(15)}{1000} = 0.049\Omega$$

$$R_{total} = 0.013 + 0.023 + 0.055 + 0.049 + 0.065 = 0.205$$

$$P_{activa} = R_t I^2 = (0.205)(20 * 5)^2 = 2050W$$

$$X_t = 2\pi f L_t = (2)(3.1416)(60) \frac{(0.044 + 0.266 + 0.270)}{1000} = 0.219$$

$$Q_{reactiva} = X_t I^2 = (0.219)(20 * 5)^2 = 2190VAR$$



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

$$VA = \sqrt{2050^2 + 2190^2} = 3000VA$$

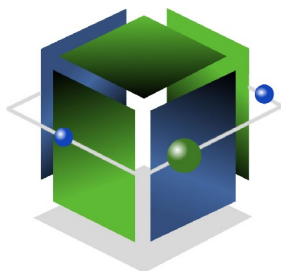
$$Z_t = \frac{VA}{I^2} = \frac{3000}{(20 * 5)^2} = 0.3\Omega$$

$$V_{alimentación} = IZ_t = (20 \cdot 5)(0.3) = 30V$$

Si vamos a la curva de excitación del transformador 100/5, mostrada en la página siguiente, con un voltaje de 30 V vemos que nos salimos del punto de saturación indicando 20 amperios de excitación.

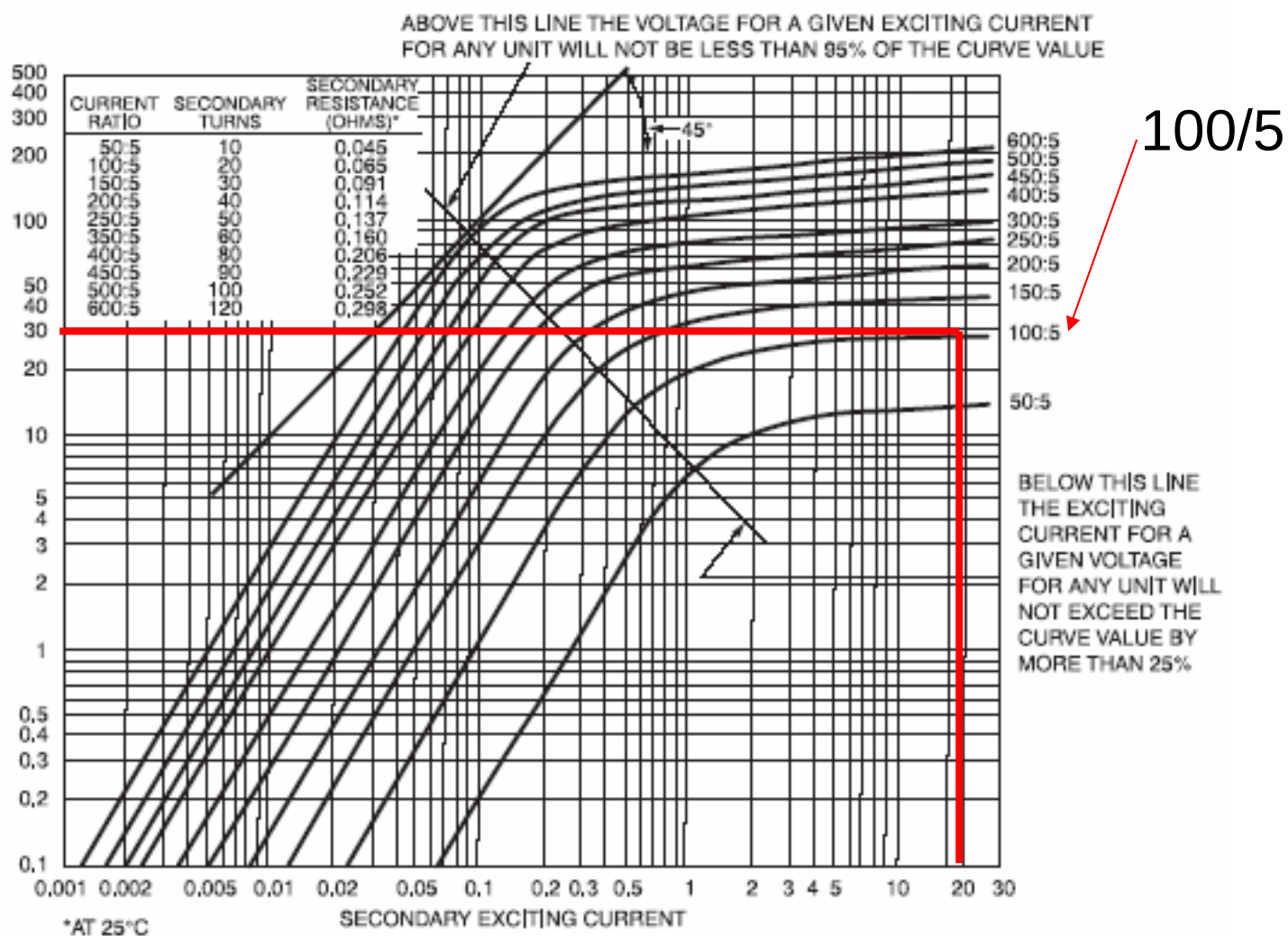
$$I_{excitación} = 20Amps. \quad \%_{error} = \frac{20}{(20 * 5)} 100 = 20\%$$

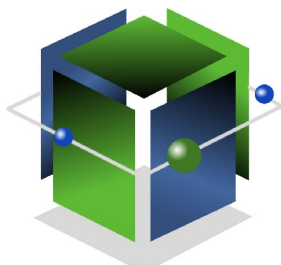
Para esta aplicación el TC presenta un error, muy por encima del 10% de error máximo permitido.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN



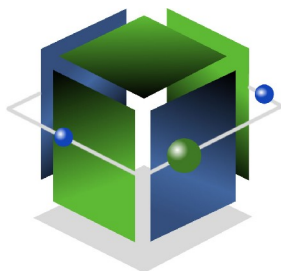


➤ TRANSFORMADORES DE VOLTAJE.

- Relación de Transformación.

Rated primary voltage for rated voltage line to line (V)	Marked ratio	Basic impulse insulation level (kV crest)
120 for 208 Y	1:1	10
240 for 416 Y	2:1	10
300 for 520 Y	2.5:1	10
120 for 208 Y	1:1	30
240 for 416 Y	2:1	30
300 for 520 Y	2.5:1	30
480 for 832 Y	4:1	30
600 for 1040 Y	5:1	30
2400 for 4160 Y	20:1	60
4200 for 7280 Y	35:1	75
4800 for 8320 Y	40:1	75
7200 for 12 470 Y	60:1	110 or 95
8400 for 14 560 Y	70:1	110 or 95

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON 100% V_n. PRIMARIO

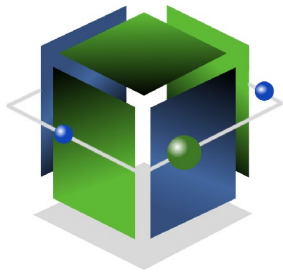


SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Rated primary voltage for rated voltage line to line (V)	Marked ratio	Basic impulse insulation level (kV crest)
120 for 120 Y	1:1	10
240 for 240 Y	2:1	10
300 for 300 Y	2.5:1	10
480 for 480 Y	4:1	10
600 for 600 Y	5:1	10
2400 for 2400 Y	20:1	45
4800 for 4800 Y	40:1	60
7200 for 7200 Y	60:1	75
12 000 for 12 000 Y	100:1	110 or 95
14 000 for 14 000 Y	120:1	110 or 95
24 000 for 24 000 Y	200:1	150 or 125
34 500 for 34 500 Y	300:1	200 or 150

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN V_n PRIMARIO



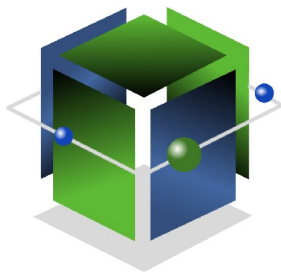
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

- Precisión

Para los transformadores de voltaje o potencial TP, se debe asignar o indicar una especificación denominada “Clase de Precisión” para cada uno de los burden estándar para el cual está designado.

Las clases de precisión, al igual que los TC medición, son 0.3, 0.6, y 1.2 que representan el porcentaje de desviación máximo y mínimo con respecto al voltaje nominal. Por ejemplo podemos mencionar la precisión asociándola al burden como 0.3 W, 0.3 X, 0.6 Y y 1.2Z, en donde la letra representa al burden.



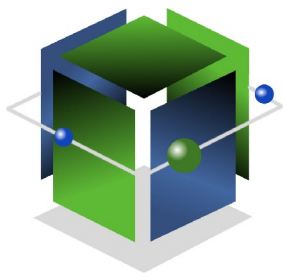
SSLA
SERVICIO SOPORTE LIA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

CLASE DE PRECISIÓN	LÍMITES FACTOR DE CORRECCIÓN
0.3	1.0033 - 0.997
0.6	1.006 - 0.994
1.2	1.012 - 0.988

NOTA: Esta condición será dentro del rango FP entre 0.6 y 1 en atraso, desde el burden cero hasta el especificado y el voltaje de alimentación entre el 90% al 110% del nominal.

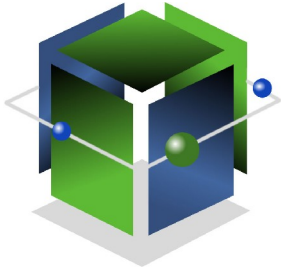
**CLASE DE PRECISIÓN PARA
TRANSFORMADORES TP USADOS EN MEDICIÓN**



- Burden

Characteristics on standard burdens ^a			Characteristics on 120 V basis		
Designation	Volt-amperes	Power factor	Resistance (Ω)	Inductance (mH)	Impedance (Ω)
W	12.5	0.10	115.2	3.04	1152
X	25	0.70	403.2	1.09	576
Y	75	0.85	163.2	0.268	192
Z	200	0.85	61.2	0.101	72
ZZ	400	0.85	30.6	0.0503	36
M	35	0.20	82.3	1.07	411

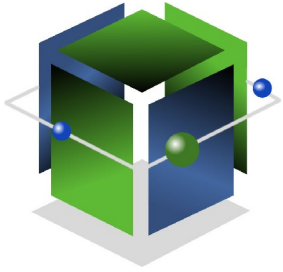
BURDEN ESTANDAR PARA TP'S



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

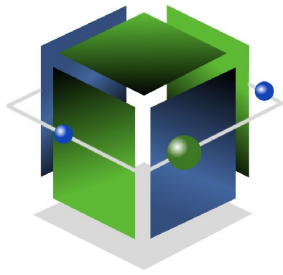
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y TENSIÓN

- Características Generales.
 - ✓ Al igual que los CT, para los TP también hay que considerar la máxima tensión de trabajo y el BIL que debe soportar.
 - ✓ En cuanto a la capacidad térmica se refiere al mismo burden dada en VA o en ohmios para la impedancia.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES



➤ DEFINICIÓN

Hay tres tipos fundamentales de dispositivos diseñados para detectar sobre corrientes debido a corto circuitos ocurridos en cualquier parte del sistema eléctrico:

- Fusible.
- Disparadores de acción directa (Interruptores).
- Reles (Ya mencionados).

El fusible es un dispositivo de protección de sobre corriente con una parte que se funde y abre el circuito cuando es calentada por el paso de una corriente.

Los mismos pueden ser usados en alto y bajo voltaje.



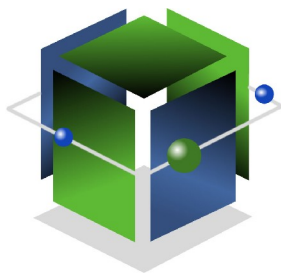
Tienen la desventaja de no ser ajustables, su operación es relativamente lenta, para los no limitadores, son menos exactos que los reles y en sistemas trifásicos al fundirse abre solamente una fase, generando problemas serios en aquellos equipos afectados por las corrientes de secuencia negativas. Su ventaja comparado con los otros medios de protección es su menor costo.

Se pueden clasificar básicamente como para baja y alta tensión que a su vez lo clasificaríamos como los no limitadores de corriente o fusibles estándar y limitadores de corriente.



Prácticamente todos los fusibles se funden, con altos valores de corrientes de fallas, en un tiempo aproximado al $\frac{1}{2}$ ciclo en sistemas de 60 Hz, sin embargo, el arco formado es conductor y permite que la corriente alcance su máximo valor de cresta antes de extinguirse.

Los fusibles que tienen un componente especial que extingue al arco antes de que esto ocurra, son los llamados como limitadores de corriente.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

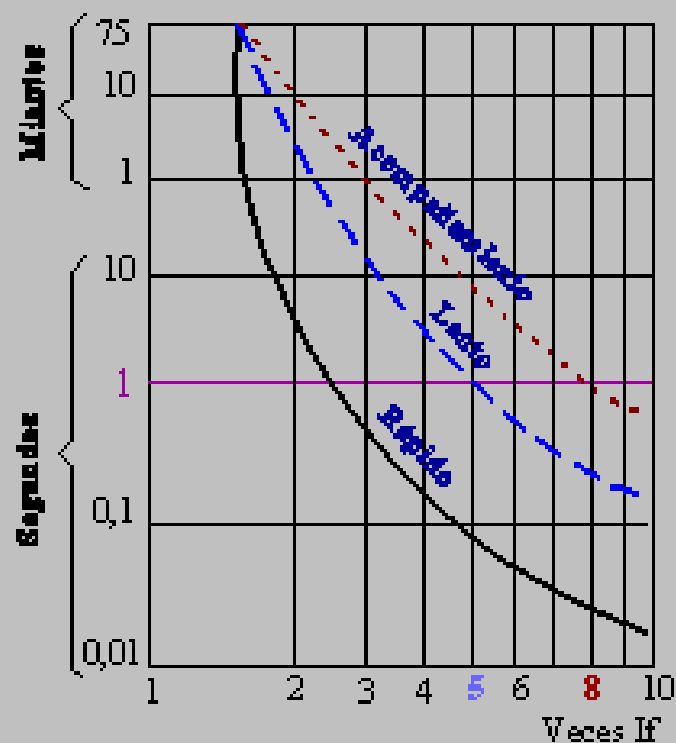
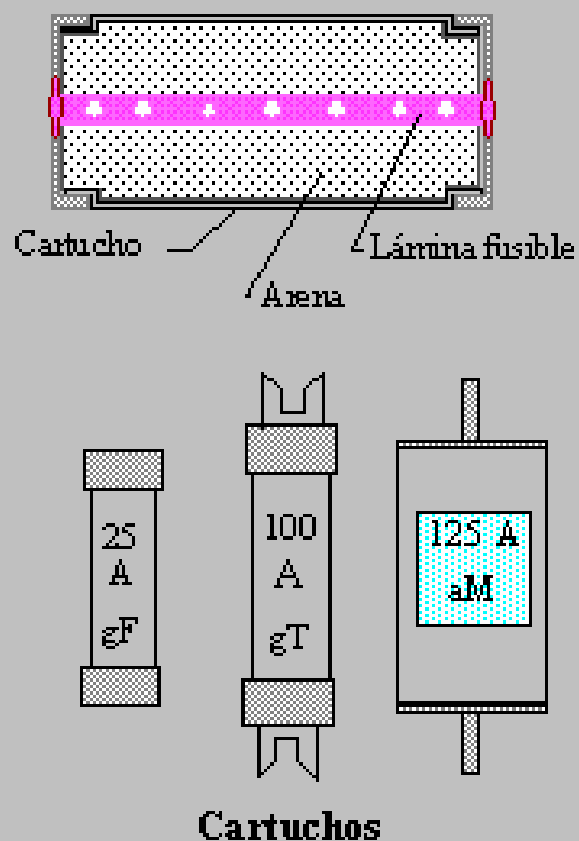
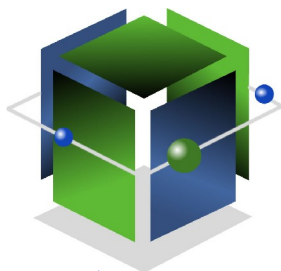
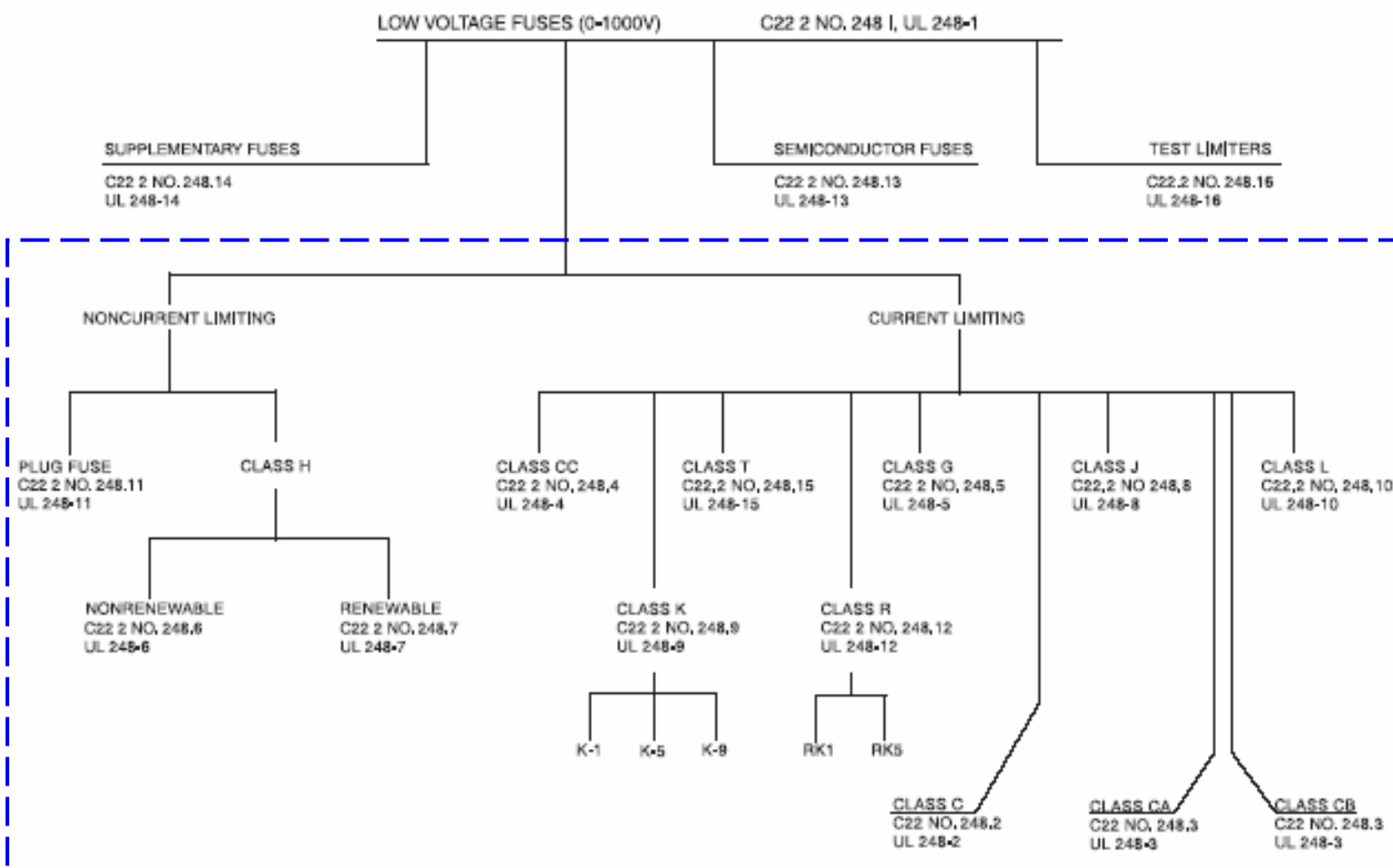


Tabla de fusión

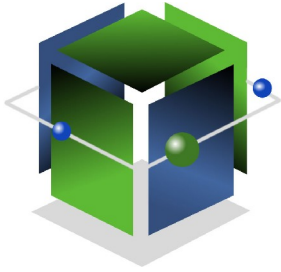
FUSIBLES PARA BAJA TENSIÓN



➤ FUSIBLES DE BAJA TENSIÓN.



FUSIBLES DE BAJO VOLTAJE BAJO NORMA UL Y CSA



- No Limitadores de Corriente (Estándar)

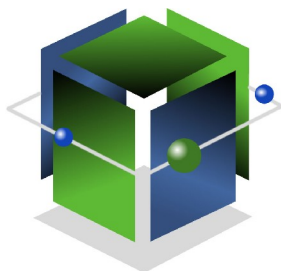
- ✓ Fusible tipo H.

Son usados en 250 V o 600 V con capacidad para 600 A o menos, y son hechos según el NEC (National Electrical Code).

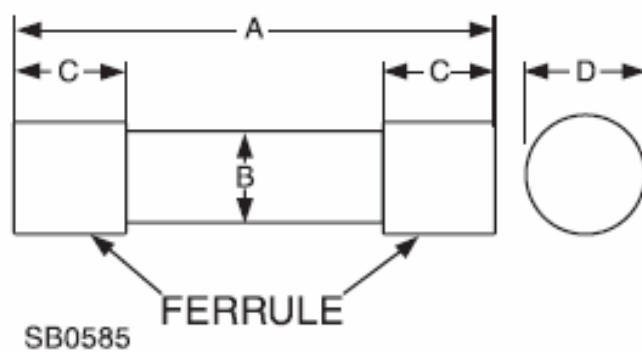
Usados en CD y AC para protección temporizada (Time delay).

Disponible con operación de sobre corriente de 135% a 200% de su corriente nominal y mínimo tiempo de operación de 10" a cinco veces su corriente continua.

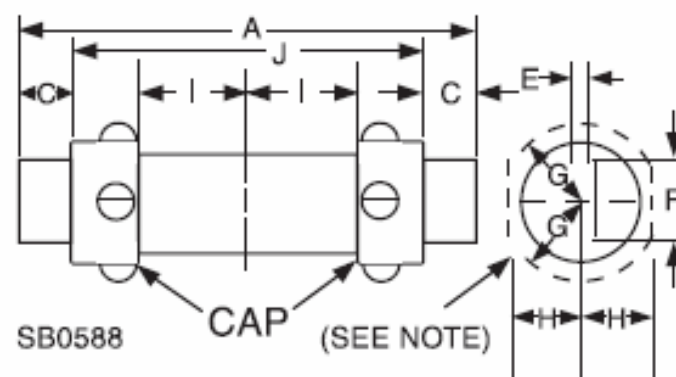
Su capacidad de interrupción es de 10 kA rms.



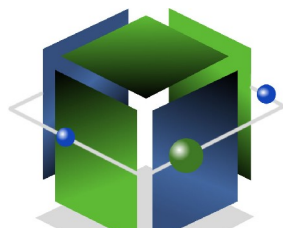
FERRULE-TYPE CARTRIDGE FUSE –
0-60 A



KNIFE-BLADE TYPE CARTRIDGE FUSE
61-600 A



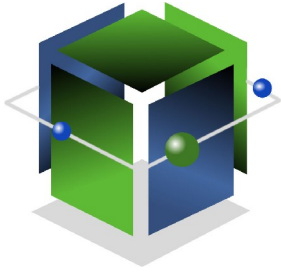
FUSIBLE TIPO H



FUSIBLES

Rating		Overall Length of Fuse ^a	Maximum Outside Diameter of Tube	Minimum Length of Ferrule or Blade	Outside Diameter of Ferrule ^b	Thickness of Blade ^c	Width of Blade ^d	Maximum Dimensions Over Projections ^e		Minimum Distance From Midpoint of Fuse to Nearest Live Part	Minimum Overall Length of Cylindrical Body ^f
								Measured Parallel to Blade	Measured at Right Angles to Blade		
Volts	Amperes	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
250	0-30	2.00 (50.8)	0.53 (13.5)	0.50 (12.7)	0.562 (14.27)						
	31-60	3.00 (76.2)	0.78 (19.8)	0.625 (15.9)	0.812 (20.62)						
	61-100	5.87 (149.2)		1.00 (25.4)		0.125 (3.18)	0.750 (19.05)	0.66 (16.7)	0.59 (15.1)	1.03 (26.2)	
	101-200	7.12 (181.0)		1.37 (34.9)		0.188 (4.78)	1.125 (28.58)	0.94 (23.8)	0.84 (21.4)	1.19 (30.2)	4.12 (104.8)
	201-400	8.62 (219.1)		1.87 (47.6)		0.250 (6.35)	1.625 (41.28)	1.20 (30.6)	1.20 (30.6)	1.19 (30.2)	4.62 (117.5)
	401-600	10.37 (263.5)		2.25 (57.1)		0.250 (6.35)	2.000 (50.80)	1.45 (36.9)	1.45 (36.9)	1.53 (38.9)	5.19 (131.8)
600	0-30	5.00 (127.0)	0.78 (19.8)	0.50 (12.7)	0.812 (20.62)						
	31-60	5.50 (139.7)	1.03 (26.2)	0.62 (15.9)	1.062 (26.97)						
	61-100	7.87 (200.0)		1.00 (25.4)		0.125 (3.18)	0.750 (19.05)	0.78 (19.8)	0.72 (18.3)	1.75 (44.4)	
	101-200	9.62 (244.5)		1.37 (34.9)		0.188 (4.78)	1.125 (28.58)	1.06 (27.0)	0.98 (25.0)	2.25 (57.1)	6.12 (155.6)
	201-400	11.62 (295.3)		1.87 (47.6)		0.250 (6.35)	1.625 (41.28)	1.45 (36.9)	1.45 (36.9)	2.50 (63.5)	7.12 (181.0)
	401-600	13.37 (339.7)		2.25 (57.1)		0.250 (6.35)	2.000 (50.80)	1.72 (43.7)	1.72 (43.7)	2.69 (68.3)	8.18 (208.0)

FUSIBLE TIPO H CAPACIDAD Y DIMENSIONES



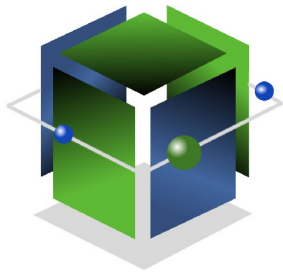
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES

✓ Fusible de rosca (Plug Fuse)

Cubre los de base Edison y el tipo S, los cuales se disponen con características temporizado o no. El tipo con base S tiene como opción transformarse en limitador agregando un dispositivo en su base.

Su capacidad típica de interrupción es de 10 kA rms.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

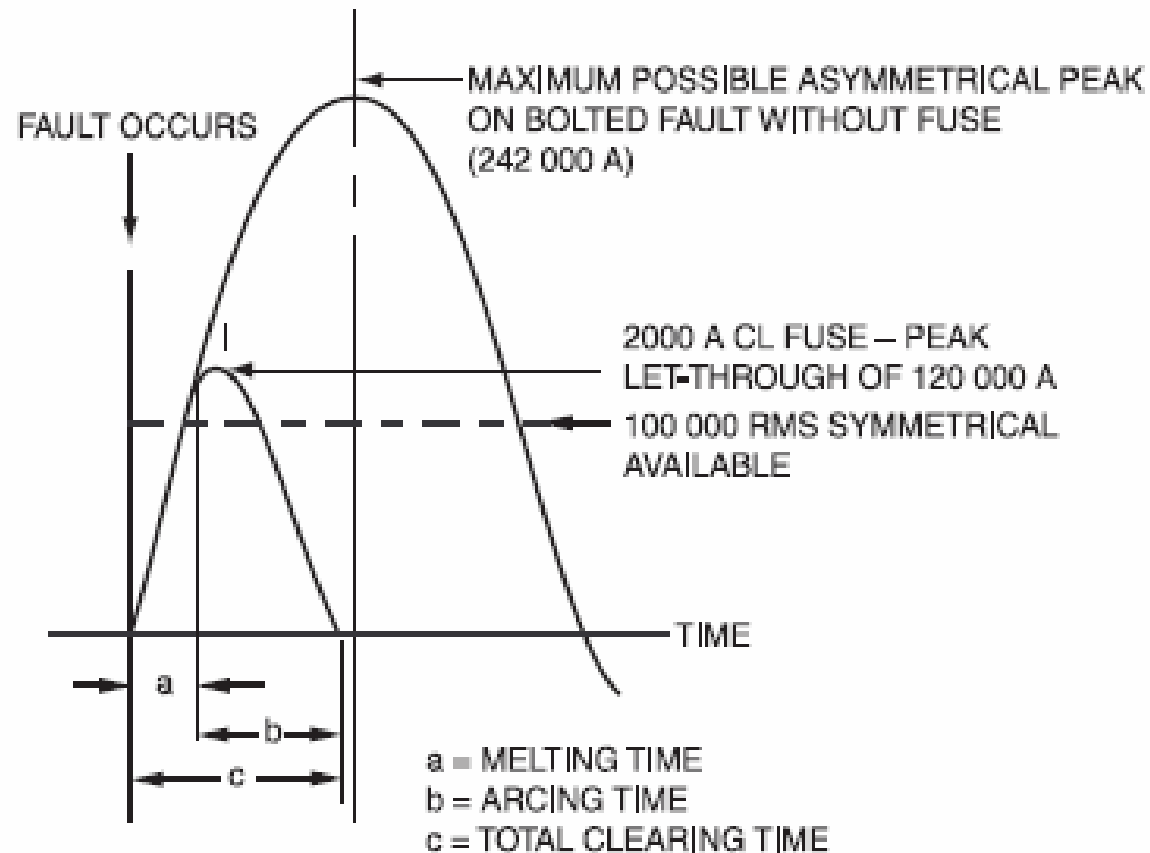
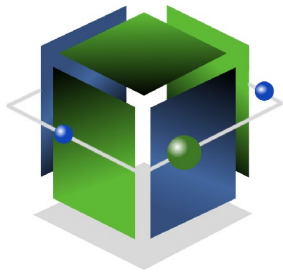


FUSIBLES DE ROSCA (PLUG FUSE)

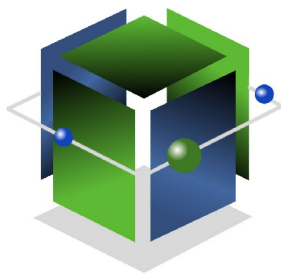


- Limitadores de Corriente.

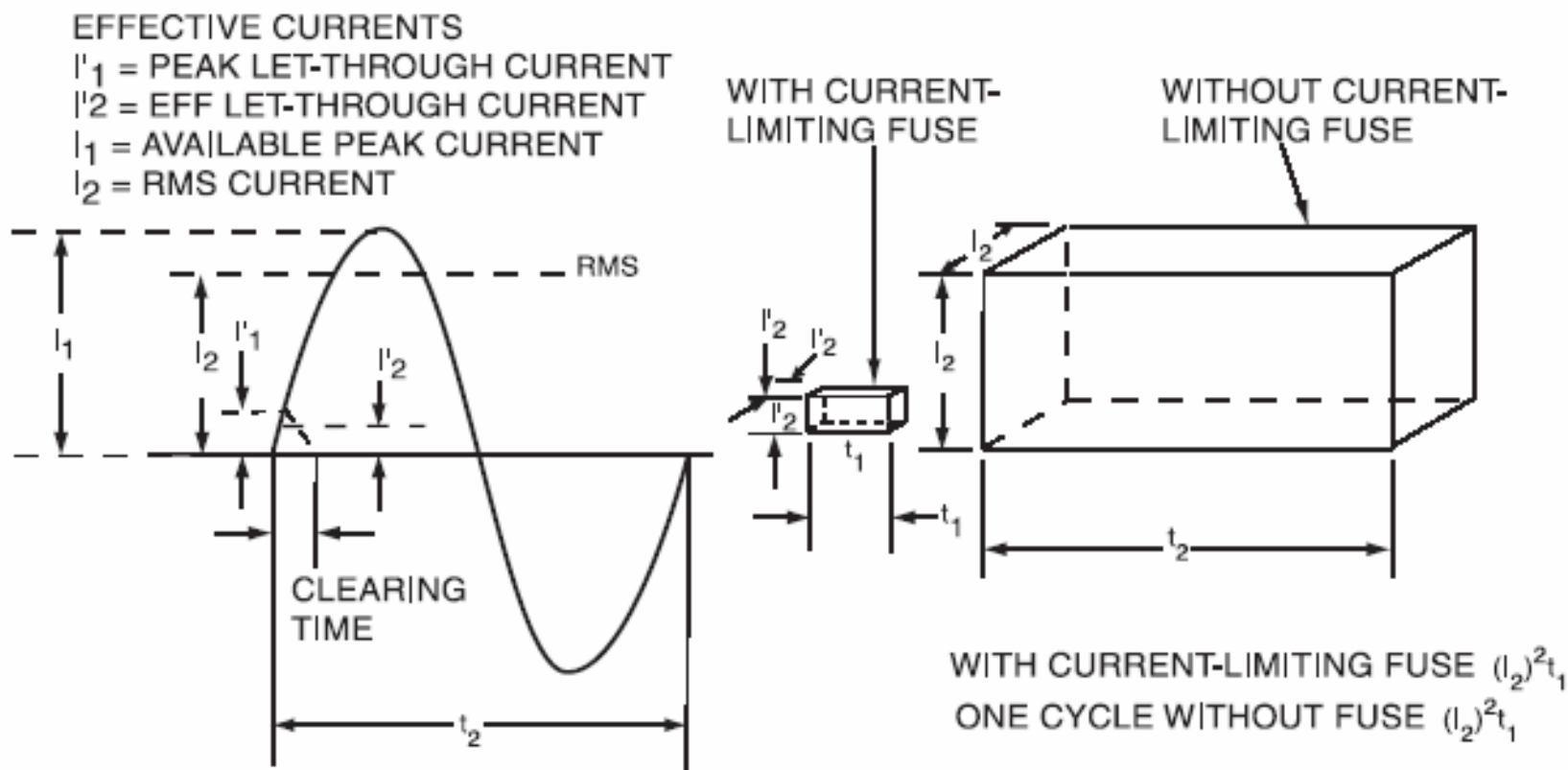
Como lo define el CEN, es un dispositivo que cuando interrumpe la corriente en su área limitadora, reduce el flujo de corriente en el punto de falla a una magnitud sustancialmente menor que la magnitud obtenida en el mismo punto de falla, si el fusible fuese reemplazado por un conductor sólido de la misma impedancia del fusible.



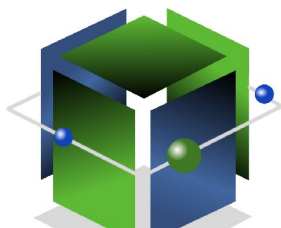
LIMITACIÓN DE CORRIENTE TÍPICA CON FUSIBLES LIMITADORES



COMPARE THE VOLUMES –

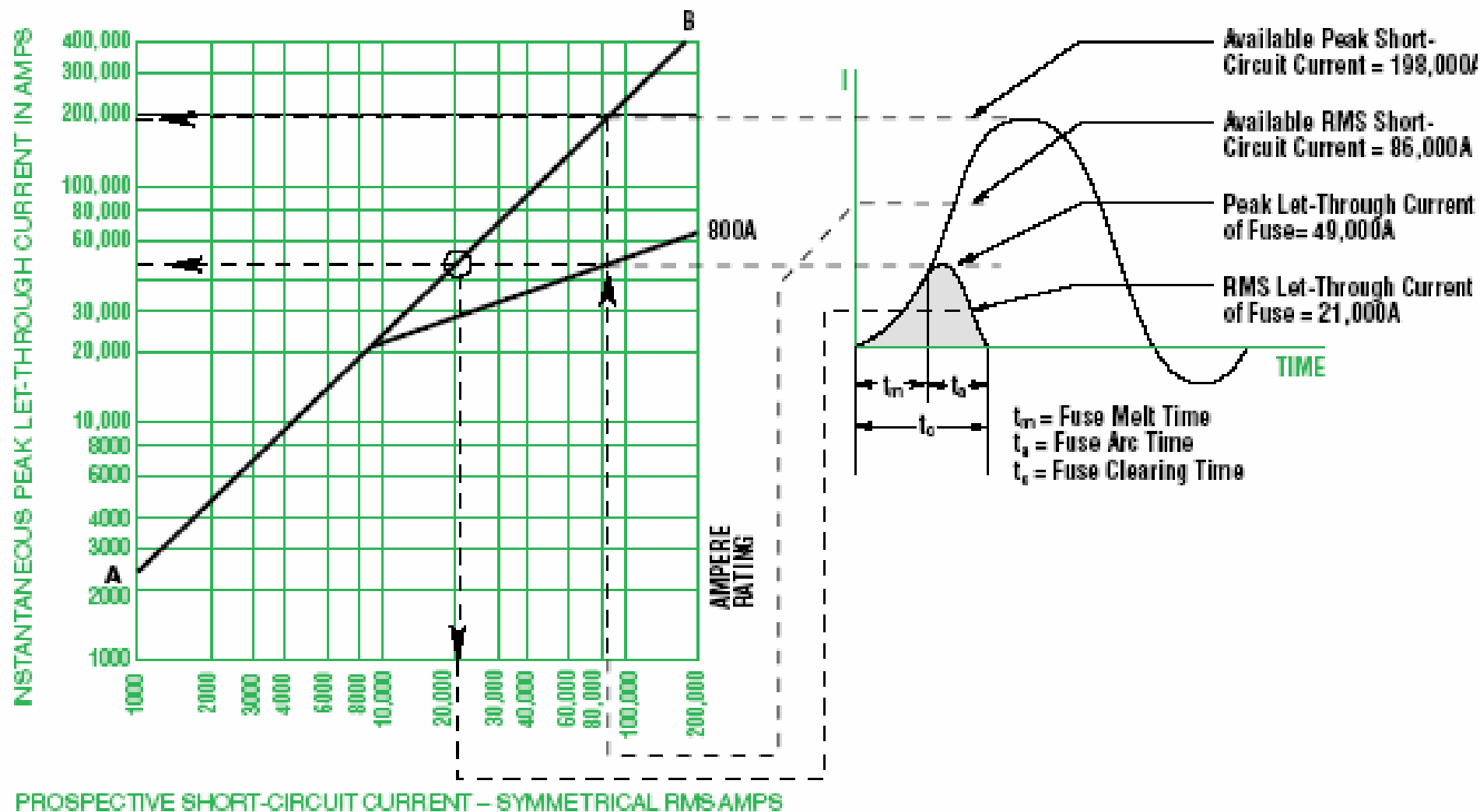


**COMPARACIÓN DEL CALOR ENERGÉTICO DESARROLLADO
CON Y SIN FUSIBLE (I^2t)**

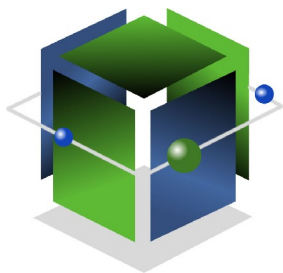


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES



GRÁFICA PARA ESTIMAR LA CORRIENTE DE PASO



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES

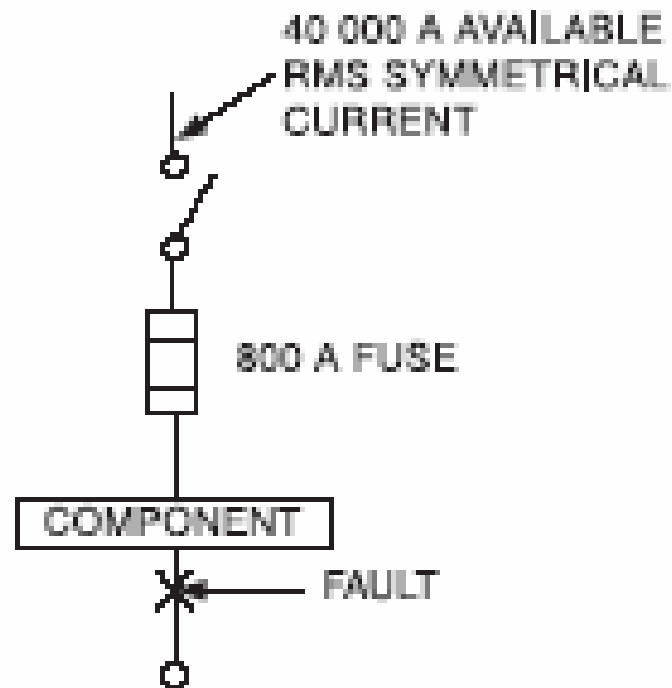
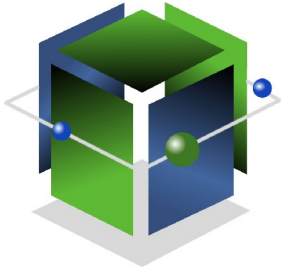
FORMACIÓN DE ARCO



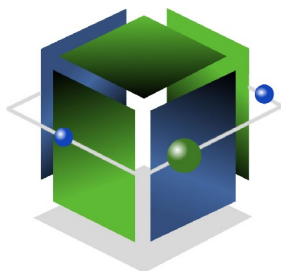
**CIRCUITO PROTEGIDO
CON FUSIBLE LIMITADOR
601 A CLASE L**



**CIRCUITO PROTEGIDO
CON INTERRUPTOR NO LIMITADOR
TAMAÑO 1600 SET 640 A
TIEMPO DISPARO CORTO 12 CICLOS**



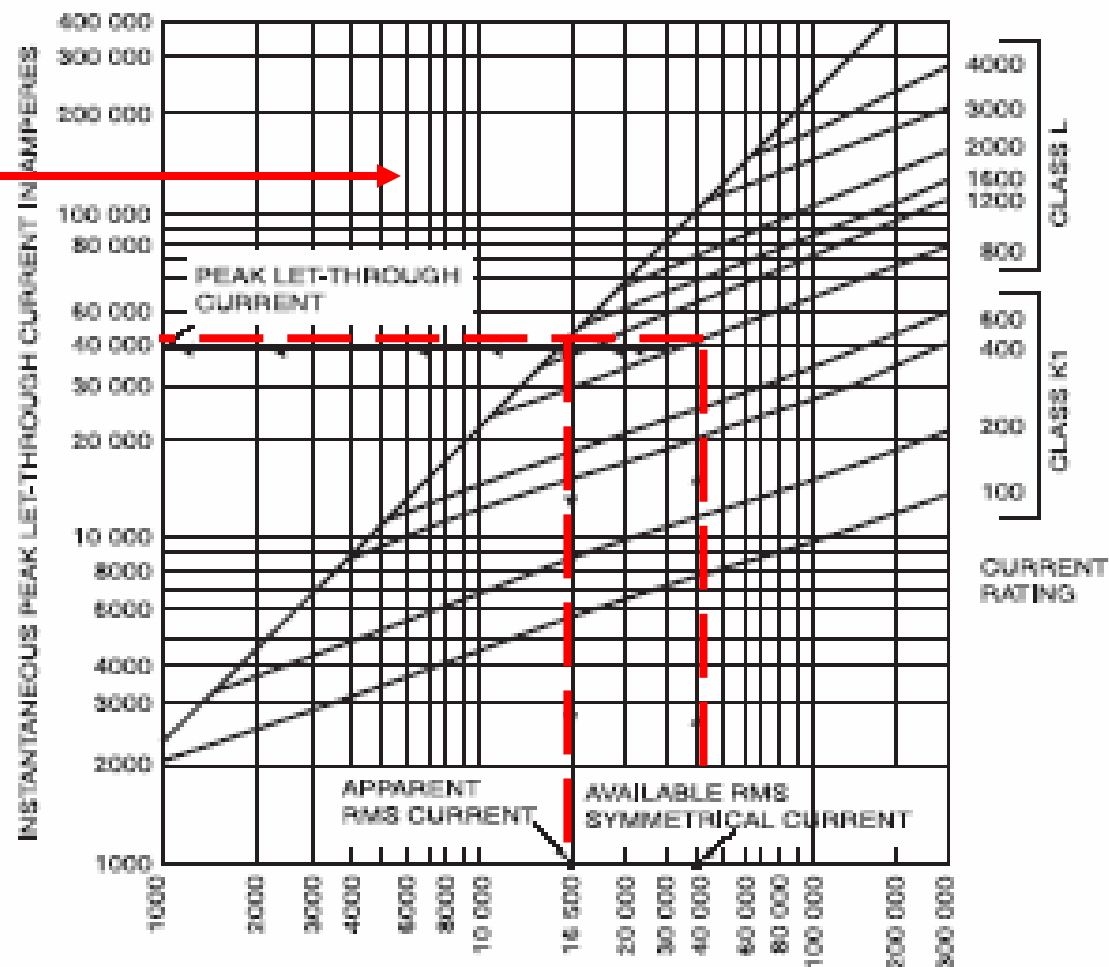
EJEMPLO DE APLICACIÓN FUSIBLE LIMITADOR



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

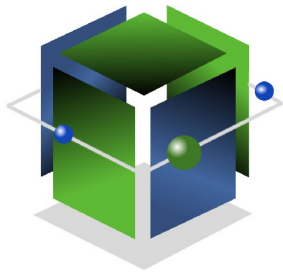
FUSIBLES

Área no
limitadora



AVAILABLE RMS SYMMETRICAL SHORT-CIRCUIT CURRENT, AMPERES

**CORRIENTE PICO DE PASO PARA 60 HZ EN FUNCIÓN DE I_{cc} RMS
SIMÉTRICA CON FP 15%**



Valores en el componente sin fusible.

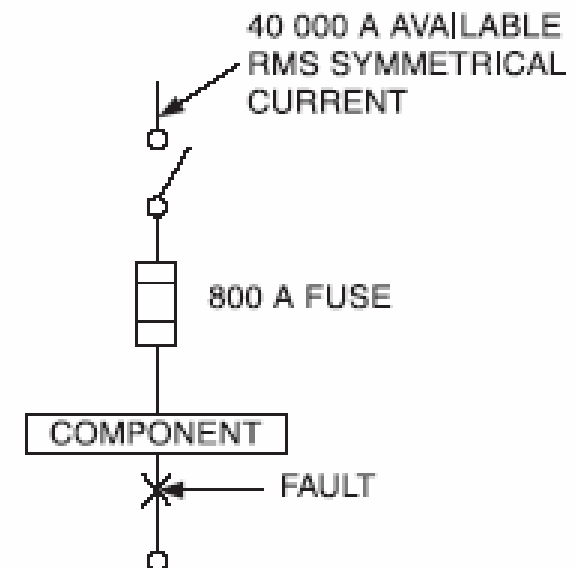
$I_{pico} = 100000 \text{ A}$

$I_{rms \text{ disponible}} = 40000 \text{ A}$

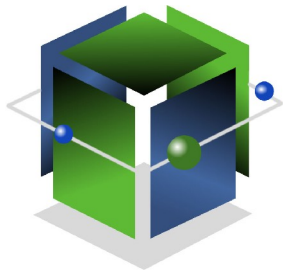
Valores en el componente con fusible.

$I_{pico} = 38500 \text{ A}$

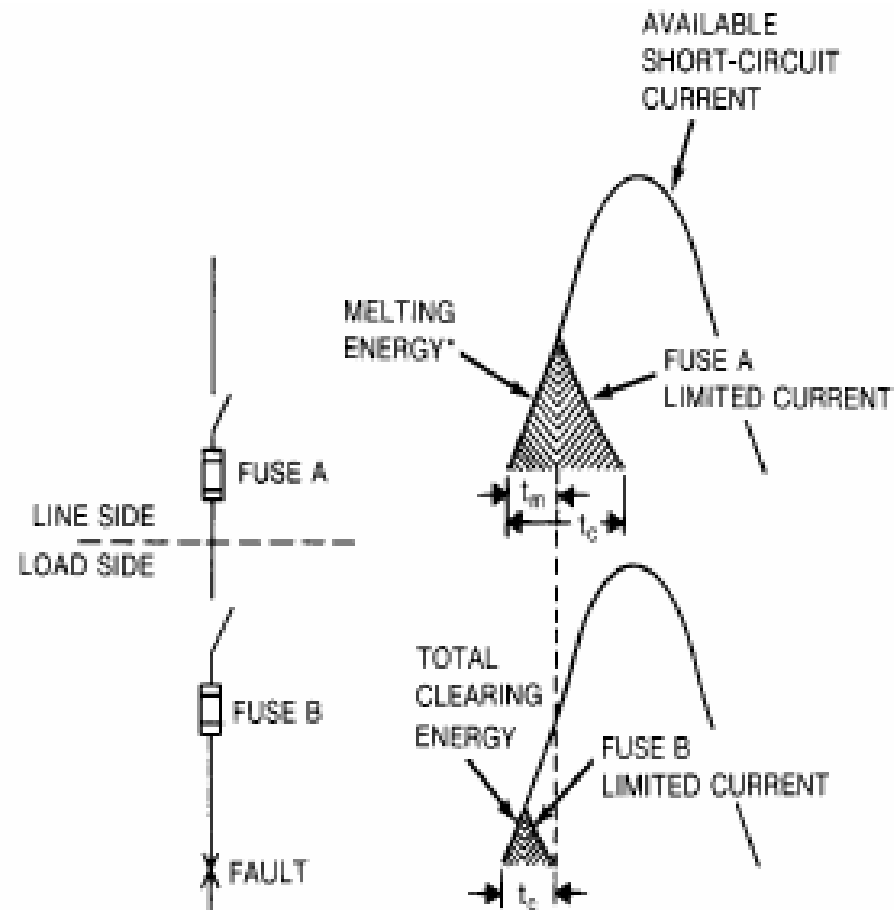
$I_{rms \text{ disponible}} = 16500 \text{ A}$

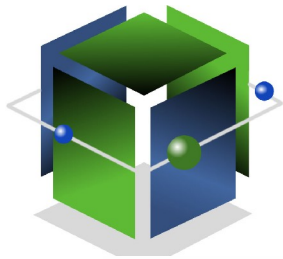


EJEMPLO DE APLICACIÓN FUSIBLE LIMITADOR



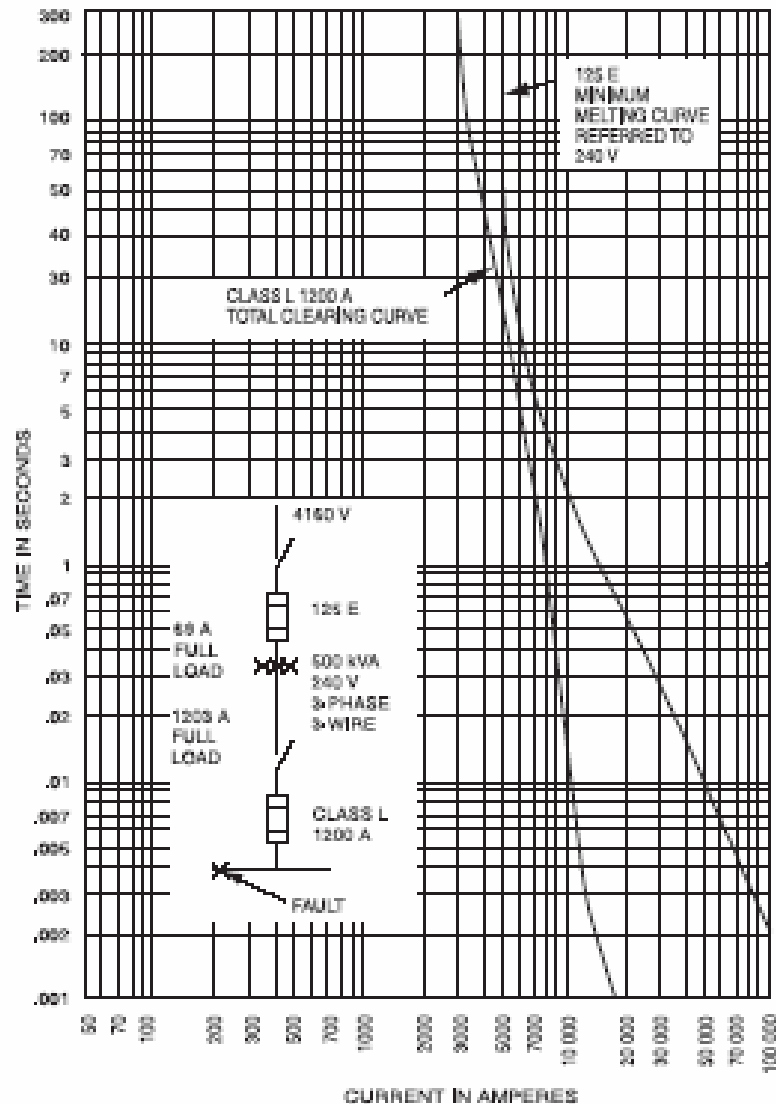
- Selectividad Limitadores de Corriente.



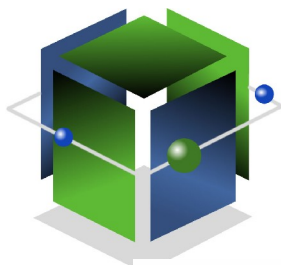


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES



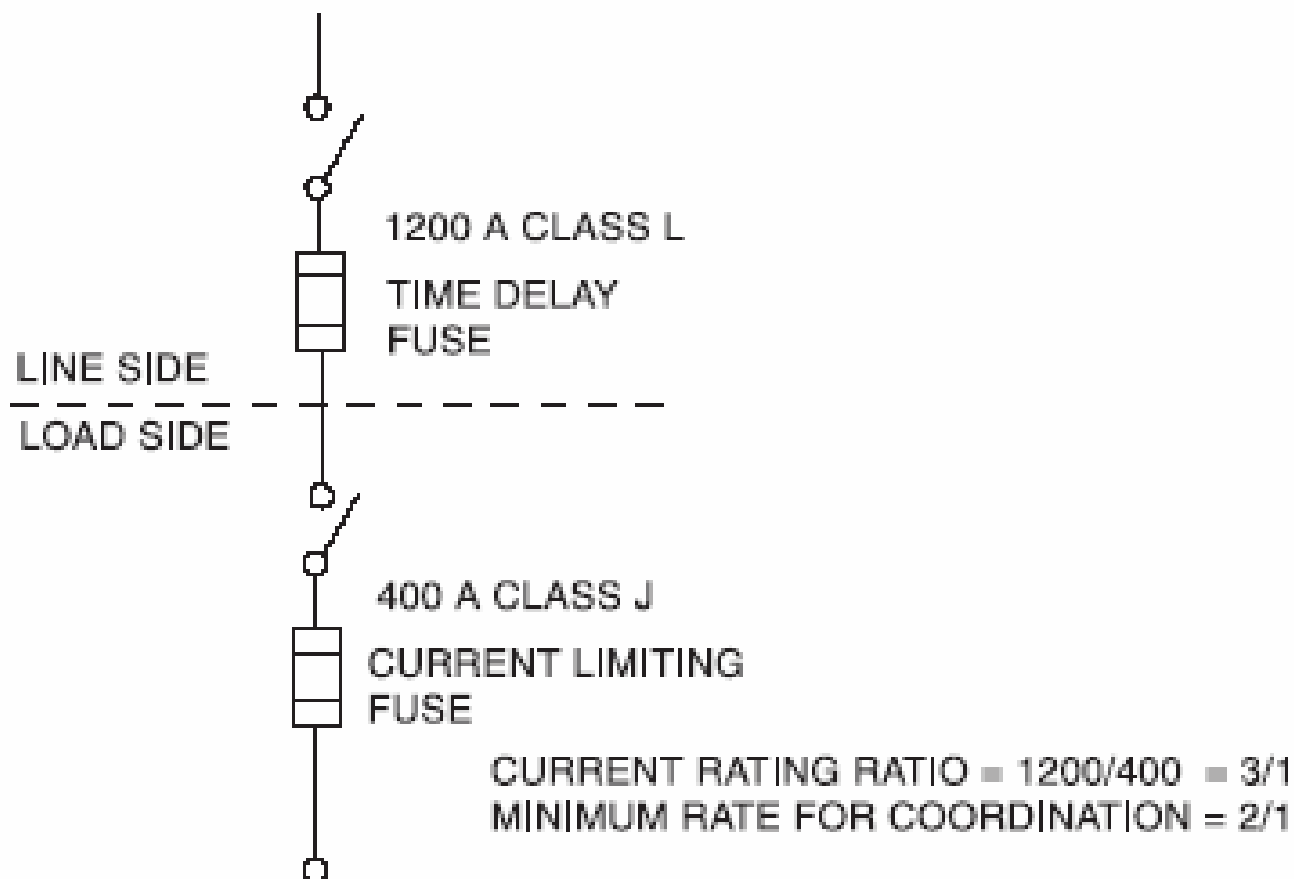
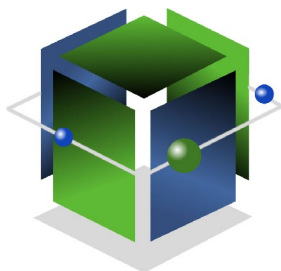
CURVAS TÍPICA DE COORDINACION



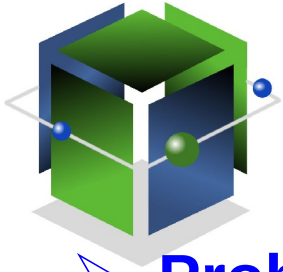
Line side	Load side					
	Class L fuse 601–6000 A	Class K1 fuse 0–600 A	Class J fuse 0–600 A	Class K5 time-delay fuse 0–600 A	Class J time-delay fuse 0–600 A	Class G fuse 0–60 A
Class L fuse 601–6000 A	2:1	2:1	2:1	6:1	2:1	
Class K1 fuse 0–600 A		2:1	3:1	8:1	4:1	4:1
Class J fuse 0–600 A		3:1	3:1	8:1	4:1	4:1
Class K5 time-delay current-limiting fuse 0–600 A		1.5:1	1.5:1	2:1	1.5:1	2:1
Class J time-delay fuse 0–600 A		1.5:1	1.5:1	8:1	2:1	2:1
NOTE—For illustration only. Refer to fuse manufacturer for specific and up-to-date data.						

^aExact ratios vary with ampere ratings, system voltage, and short-circuit current.

SELECCIÓN SEGÚN CARACTERÍSTICAS DEL FABRICANTE



EJEMPLO DE SELECCIÓN SEGÚN TABLA DEL FABRICANTE



➤ Problema

Valores en el componente sin fusible.

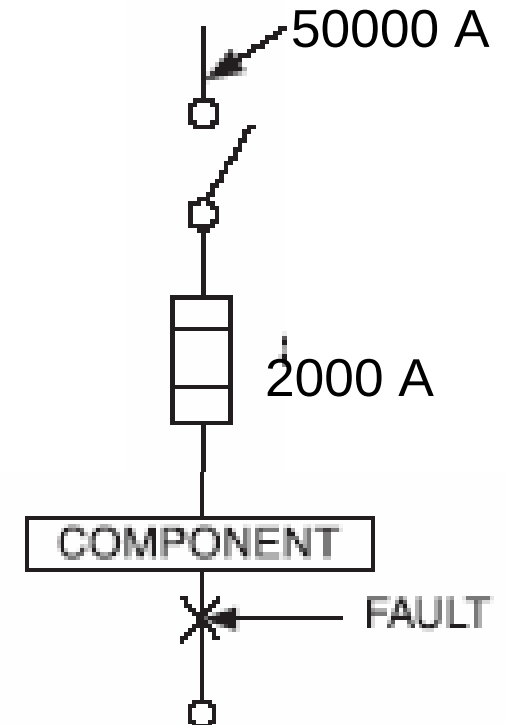
$I_{\text{pico}} = ?$

$I_{\text{rms disponible}} = 50000 \text{ A}$

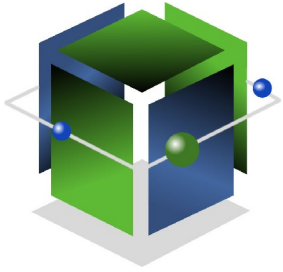
Valores en el componente con fusible.

$I_{\text{pico}} = ?$

$I_{\text{rms disponible}} = ?$



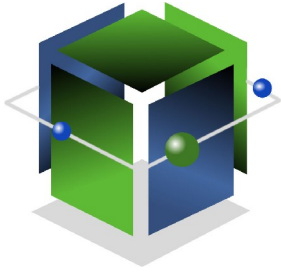
Utilizando la gráfica corriente pico de paso anterior, determinar la corriente pico sin fusible y las corrientes pico y disponible rms simétrica con fusible.



➤ FUSIBLES DE ALTA TENSION.

Según la IEEE Std C37.40- 1993, se define como fusibles de alto voltaje todo aquel fusible por encima de los 1000 voltios, cubriéndose con esto los de media tensión y alta tensión propiamente dicho.

El mismo estándar clasifica los fusibles de esta tensión en fusibles de potencia y fusibles de distribución, y en función de su ubicación son clasificados como uso exterior y para uso interior o uso en contenedores.

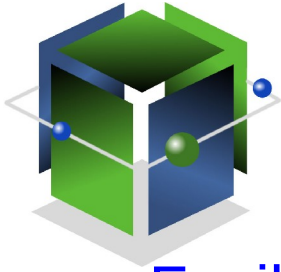


- Fusibles de Potencia.

De acuerdo al ANSI C37.42 1996, los fusibles de potencia se identifican por las siguientes características:

- ✓ Su alta resistencia a los esfuerzos de tensión (BIL).
- ✓ Aplicación en estaciones y sub estaciones.
- ✓ Disponibilidad en rangos nominales de alta corrientes.
- ✓ Disponibilidad en rangos altos de corriente de corte.
- ✓ Disponibilidad de una gran variedad para aplicación exterior e interior.

Los mismos se clasifican según su características eléctricas y su capacidad, como fusibles tipo E y tipo R.



- Fusibles de Distribución (Drop out)

Según la IEEE Std C37.40 1993, un fusible tipo drop out, se define por la siguientes características:

- ✓ La resistencia a los esfuerzos de tensión (BIL) son para tensiones de distribución.
- ✓ Primariamente utilizados para alimentadores de líneas aéreas a nivel de distribución.
- ✓ Normalmente contruidos para ser instalados en posteadura.
- ✓ Se usan también como protección para transformadores de distribución.
- ✓ Son renovables al reemplazarle el filamento.

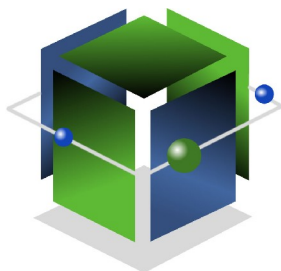


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES



FUSIBLE DROP-OUT / 100 A



Nominal rating (kV)	Short-circuit interrupting rating (A, rms symmetrical)
4.8	12 500
7.2	15 000
14.4	13 200
25.0	8 000
34.5	5 000

**CAPACIDAD MÁXIMA DE INTERRUPCIÓN PARA
FUSIBLES DROP OUT**

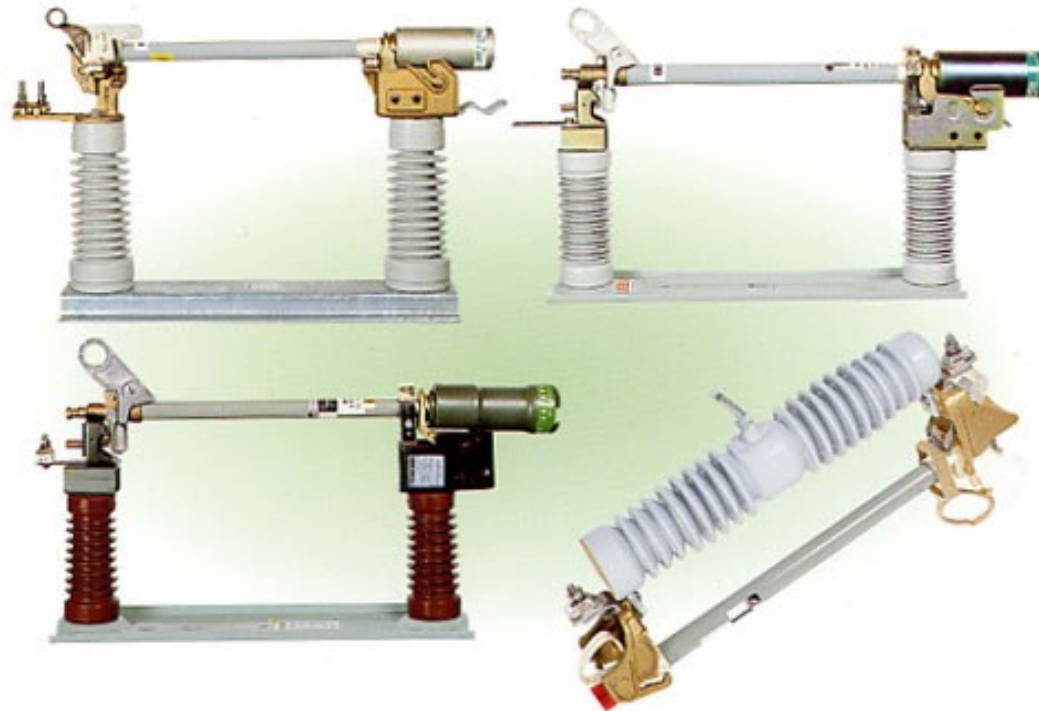


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

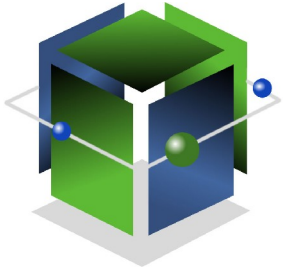
PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

POWER FUSES

SMD-40, SM-40, JFM-20, JFD-20



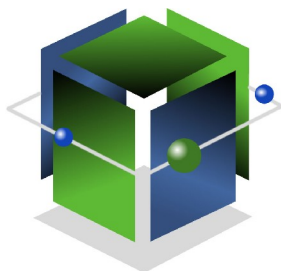
FUSIBLES DE ALTA Tensión



- **Fusibles de Potencia Limitadores.**

El principio de funcionamiento es igual a los limitadores en baja tensión. Su principal aplicación son para proteger transformadores de potencial y potencia, transformadores auxiliares, bancos de condensadores, y en otras aplicaciones donde se requiera altas corrientes de interrupción y limitar los altos niveles de corto circuito.

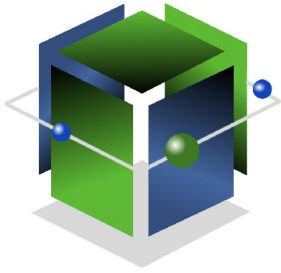
En el presente, la aplicación de estos tipos de fusibles según acorde al nivel de voltaje está entre 2.4 kV y 34.5 kV.



Rated maximum voltage (kV)	Continuous-current ratings (A) (maximum)	Short-circuit maximum interrupting ratings (kA, rms symmetrical)
2.75	225, 450, ^a 750, ^a 1350 ^a	50.0, 50.0, 40.0, 40.0
2.75/4.76	450 ^a	50.0
5.5	225, 400, 750, ^a 1350 ^a	50.0, 62.5, 40.0, 40.0
8.25	125, 200 ^a	50.0, 50.0
15.5	65, 100, 125, ^a 200 ^a	85.0, 50.0, 85.0, 50.0
25.8	50, 100 ^a	35.0, 35.0
38.0	50, 100 ^a	35.0, 35.0

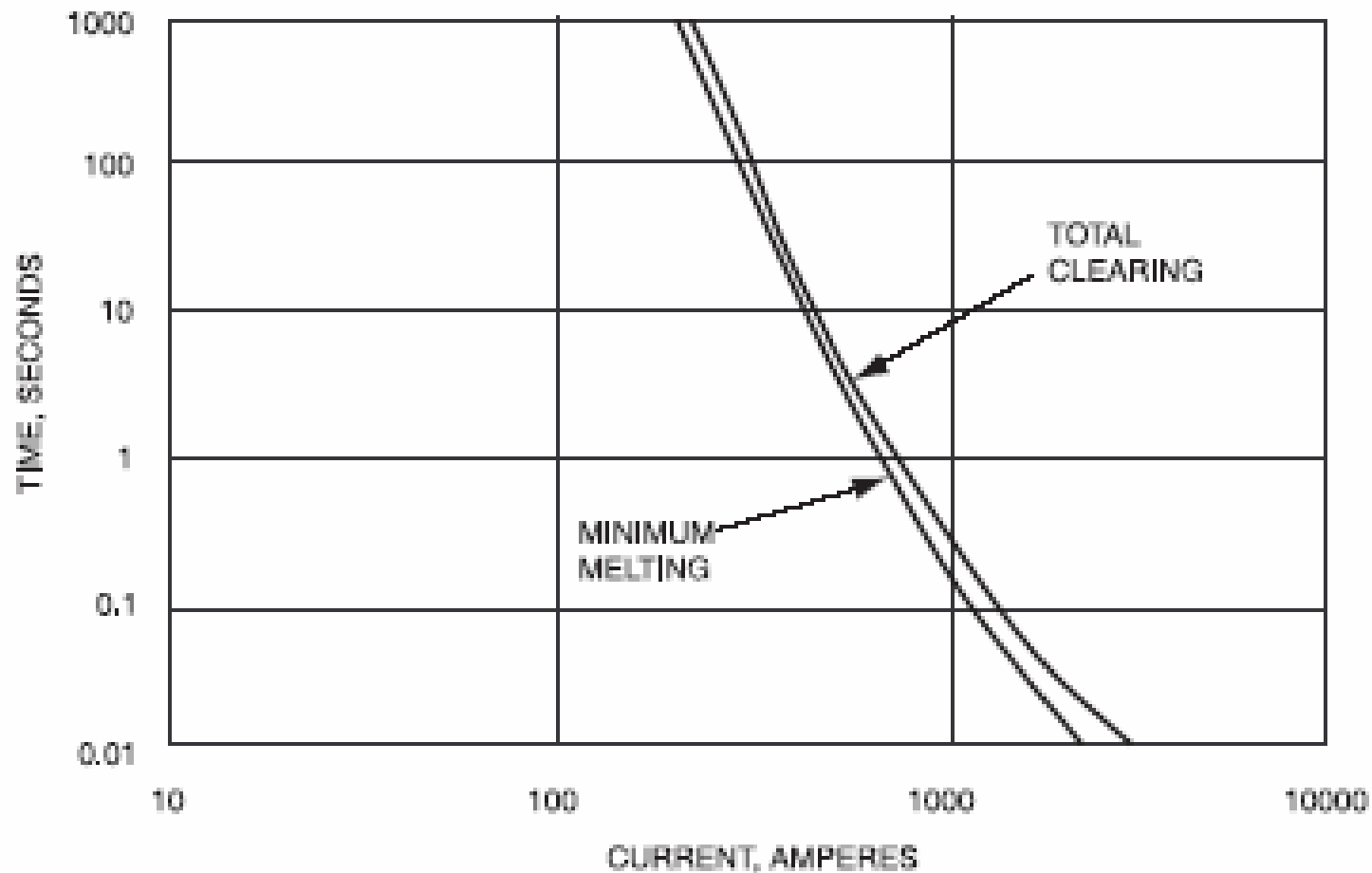
^aParallel fuses

**MÁXIMA CORRIENTE NOMINAL Y CAPACIDAD DE INTERRUPCIÓN
PARA FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES.**

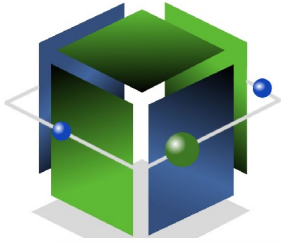


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES

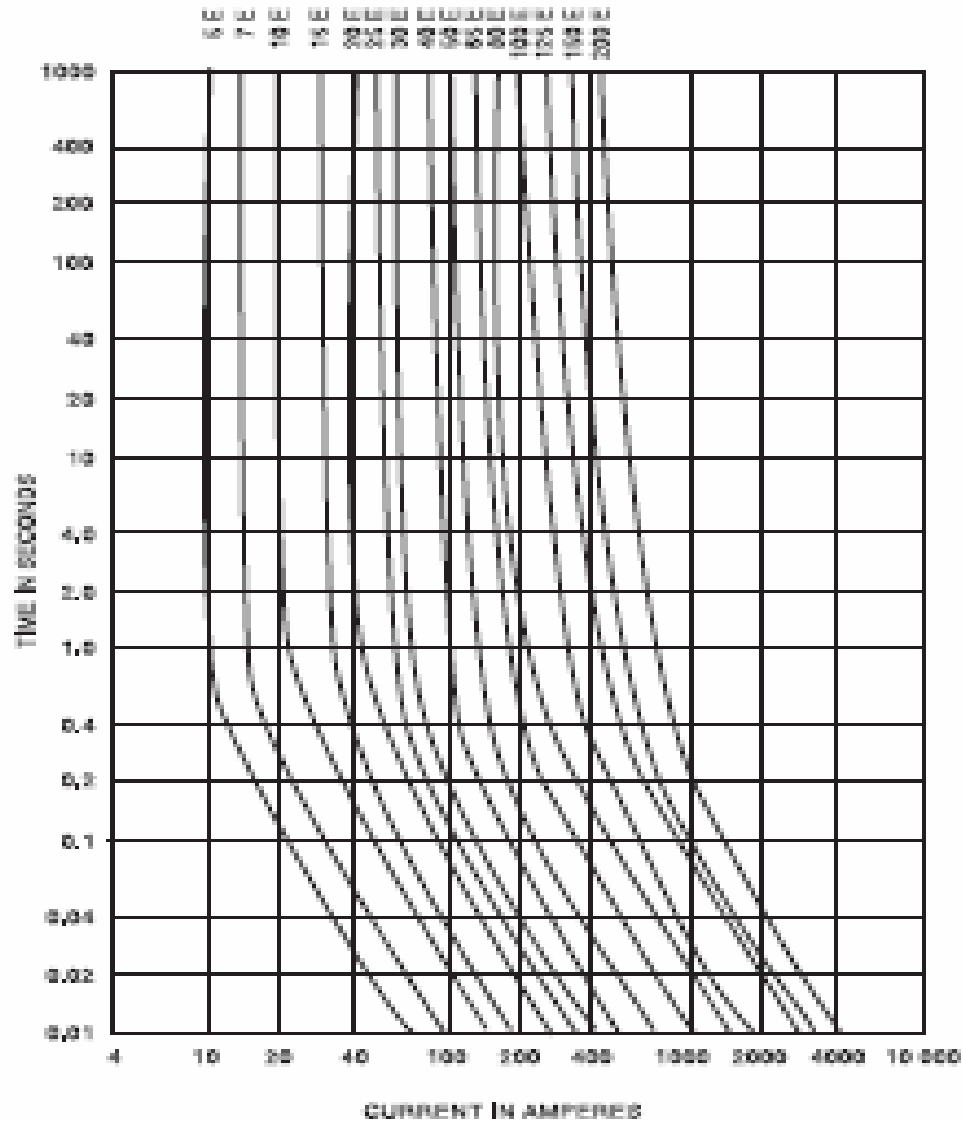


SELECTIVIDAD ENTRE DOS FUSIBLES LIMITADORES PARA ALTA TENSION



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FUSIBLES

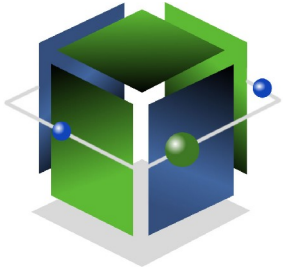


**CURVAS PARA FUSIBLES
LIMITADORES
DE ALTA TENSIÓN
(MINIMUM MELTING TIME)**



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA BAJO VOLTAJE

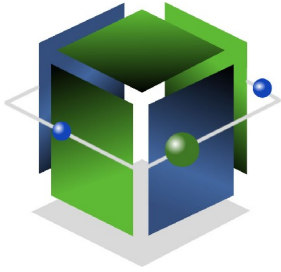


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

➤ DEFINICIÓN

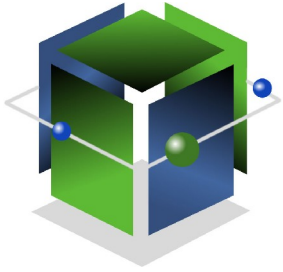
Protección contenida en dispositivos, llamados en algunos casos interruptores automáticos, que se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra sobre cargas y corto circuitos, en sustitución de los fusibles, por la ventaja de que no hay que reponerlos, cuando se desconectan debido a una de estas fallas.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

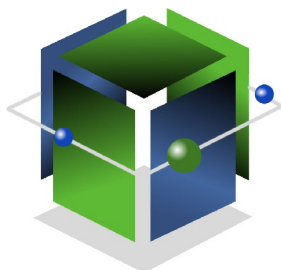
CEN lo define como un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito manualmente y para abrir un circuito automáticamente sobre una predeterminada selección de sobre corriente, sobre carga o corto circuito, **sin daños sobre el dispositivo cuando es apropiadamente seleccionado.**



Según el número de polos se clasifican en:

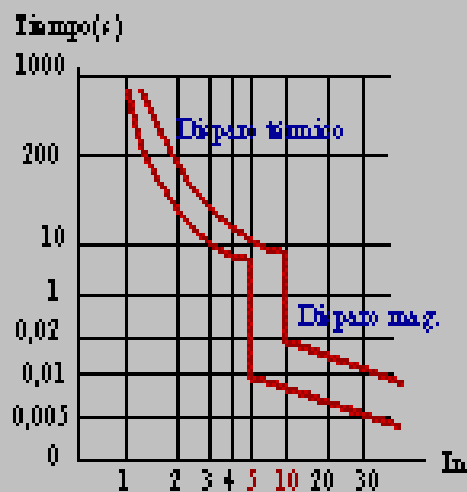
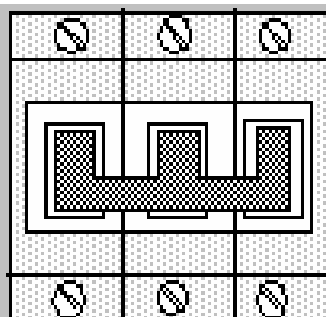
- Unipolares
- Bipolares.
- Tripolares
- Tetrapolares (utilizados en redes 3Φ con neutro).

En la siguiente figura se muestra la parte correspondiente de una fase donde se puede notar la parte térmica y la parte magnética.

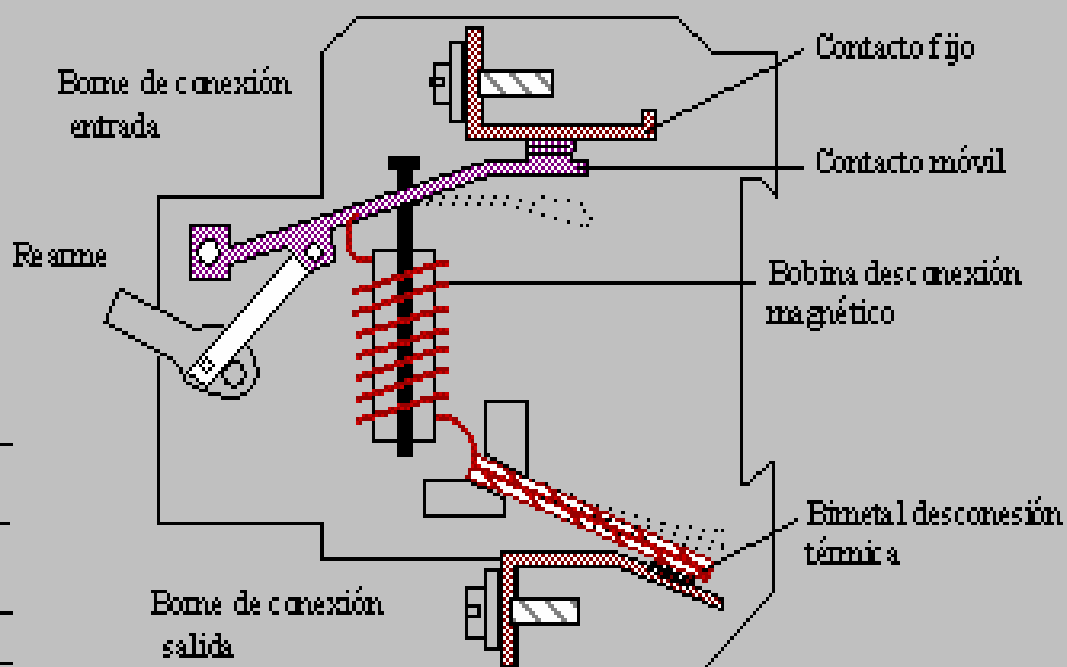


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

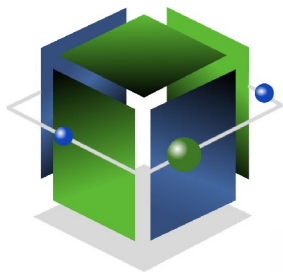


Curva de fusión, tipo C



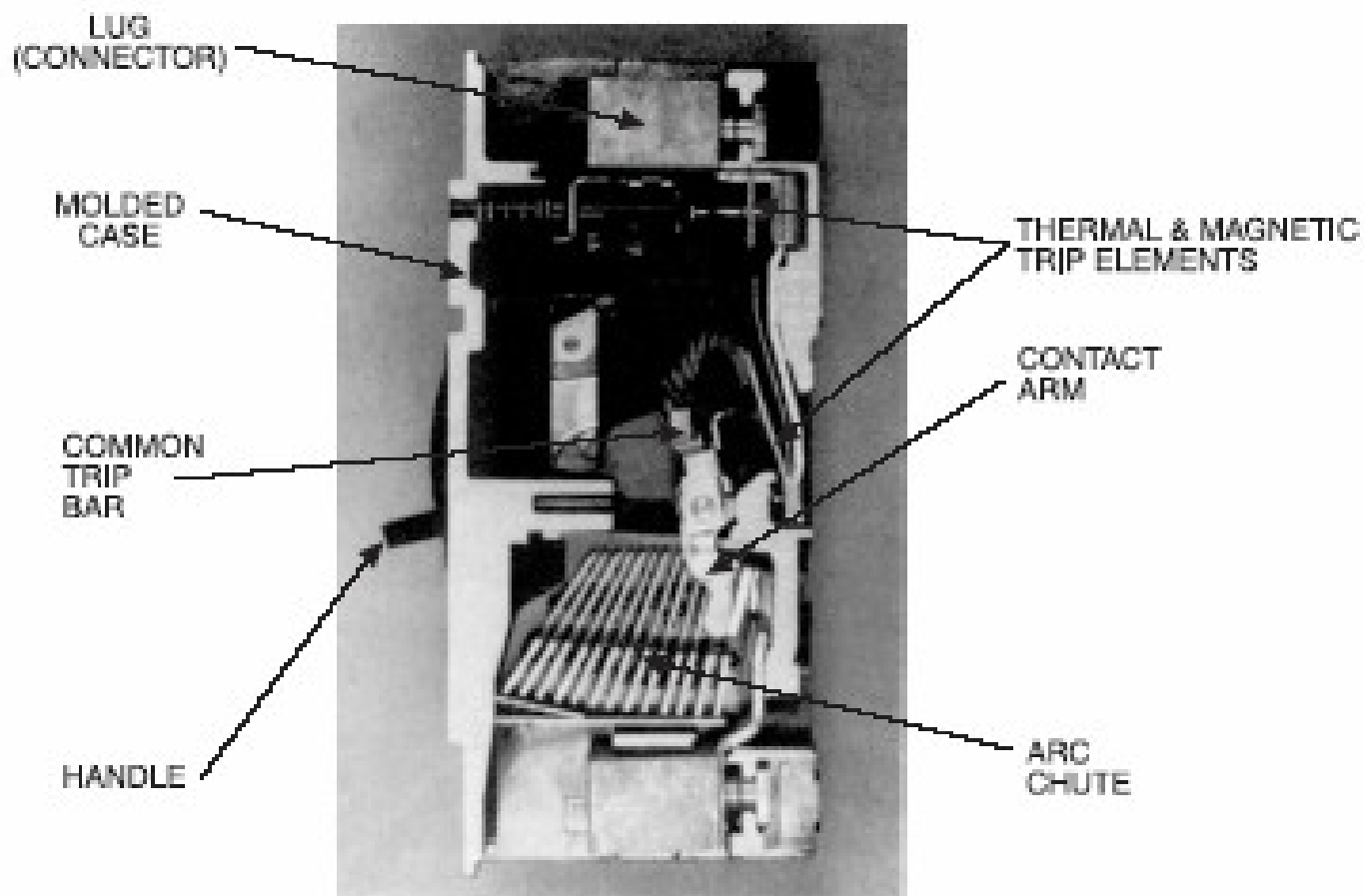
SÍMBOLOS

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

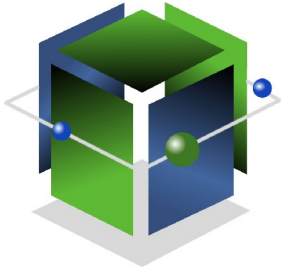


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



PROTECCIÓN TERMO MAGNETICA
MOLDED CASE CIRCUIT BREKER (MCCB)

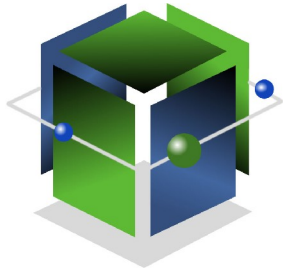


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

Estos dispositivos constan de un desconectador magnético, formado por una bobina que actúa sobre un contacto móvil, que cuando la intensidad que la atraviesa alcanza el valor de corriente seleccionado el mismo abre a los contactos. Éste elemento protege la instalación contra los corto circuitos por ser muy rápido su funcionamiento.

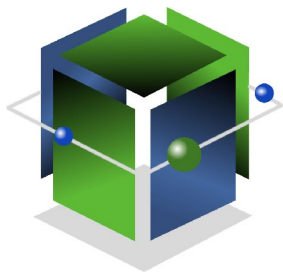
También poseen un desconectador térmico, formado por una lámina bimetálica, que se dobla al ser calentada (I^2t) por un exceso de corriente, y que aunque mas lentamente que el desconectador magnético, actúa también abriendo los contactos. Esta protección contra sobre cargas y su velocidad de desconexión es inversamente proporcional a la magnitud de corriente de sobre carga.



➤ CLASIFICACIÓN

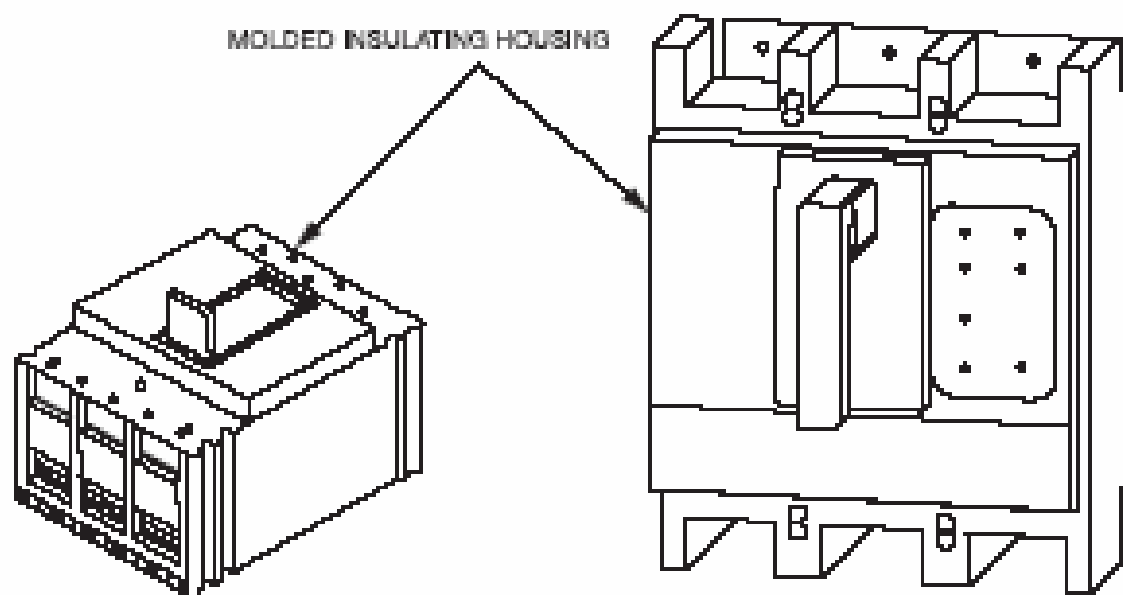
Según la IEEE Std C37.100 1992 los interruptores de bajo voltaje son clasificados de la manera siguiente:

- Interruptores en caja moldeada (Molded-case circuit breakers- MCCBs), ensamblados como una unidad integral en una caja de material aislante.
- Interruptores bajo voltaje de gran potencia (Low voltage power circuit breakers- LVPCBs), usados en circuitos con tensión de hasta 1000 V y en algunos casos hasta 3000 V.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA
MCCBs

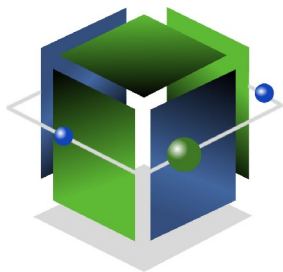


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

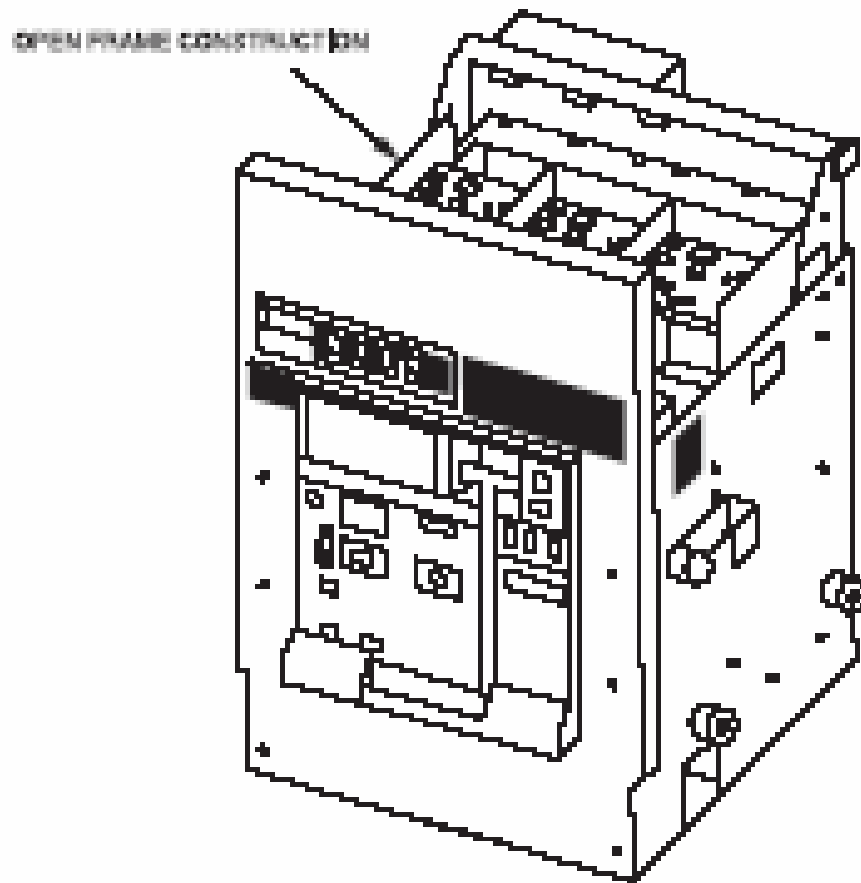


**INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA
MCCBs**

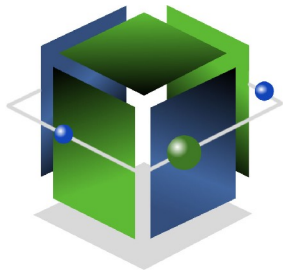


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

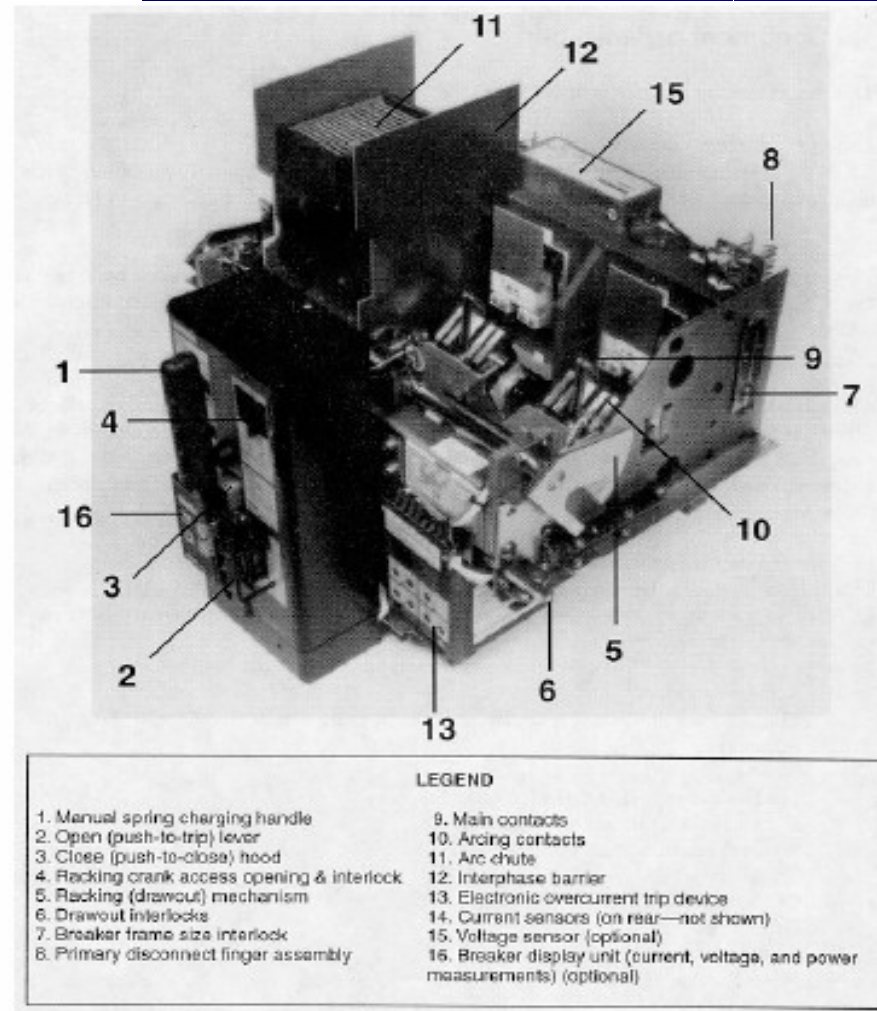


**INTERRUPTORES DE BAJO VOLTAJE DE GRAN POTENCIA
LVPCBs**

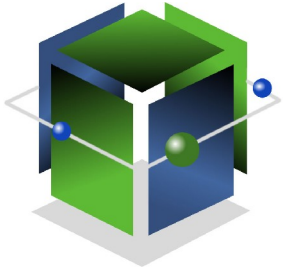


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



**INTERRUPTORES DE BAJO VOLTAJE DE GRAN POTENCIA
LVPCBs**

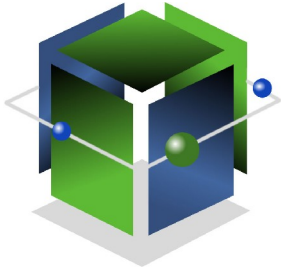


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



INTERRUPTOR BIPOLAR Y MONOPOLAR

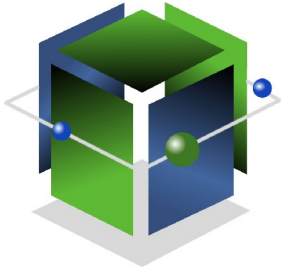


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

Estos interruptores automáticos termomagnéticos, se emplean mucho domésticamente y para instalaciones de baja tensión en general y suelen fabricarse para intensidades entre 5 y 125 amperios, de forma modular y calibración fija, sin posibilidad de regulación.

Para intensidades mayores, incluyendo los interruptores de potencia, se aplican en instalaciones industriales hasta 1.000 A o mas, y suelen estar provistos de una regulación externa, para los elementos térmicos y magnéticos para protección contra sobre carga y cortocircuitos respectivamente.

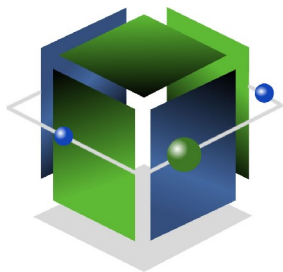


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

La UL 489 – 1991 menciona el “INSULATED CASE CIRCUIT BREAKER (ICCB)”, el cual es un interruptor en caja aislada que sirve de soporte y dispone de un mecanismo de energía para el cierre y apertura manual.

Estos ICCB están disponibles en tamaños desde 800 A

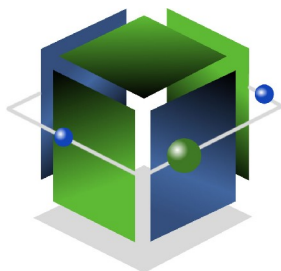


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



INTERRUPTOR ICCB

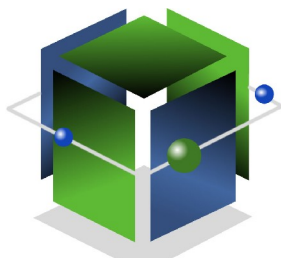


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

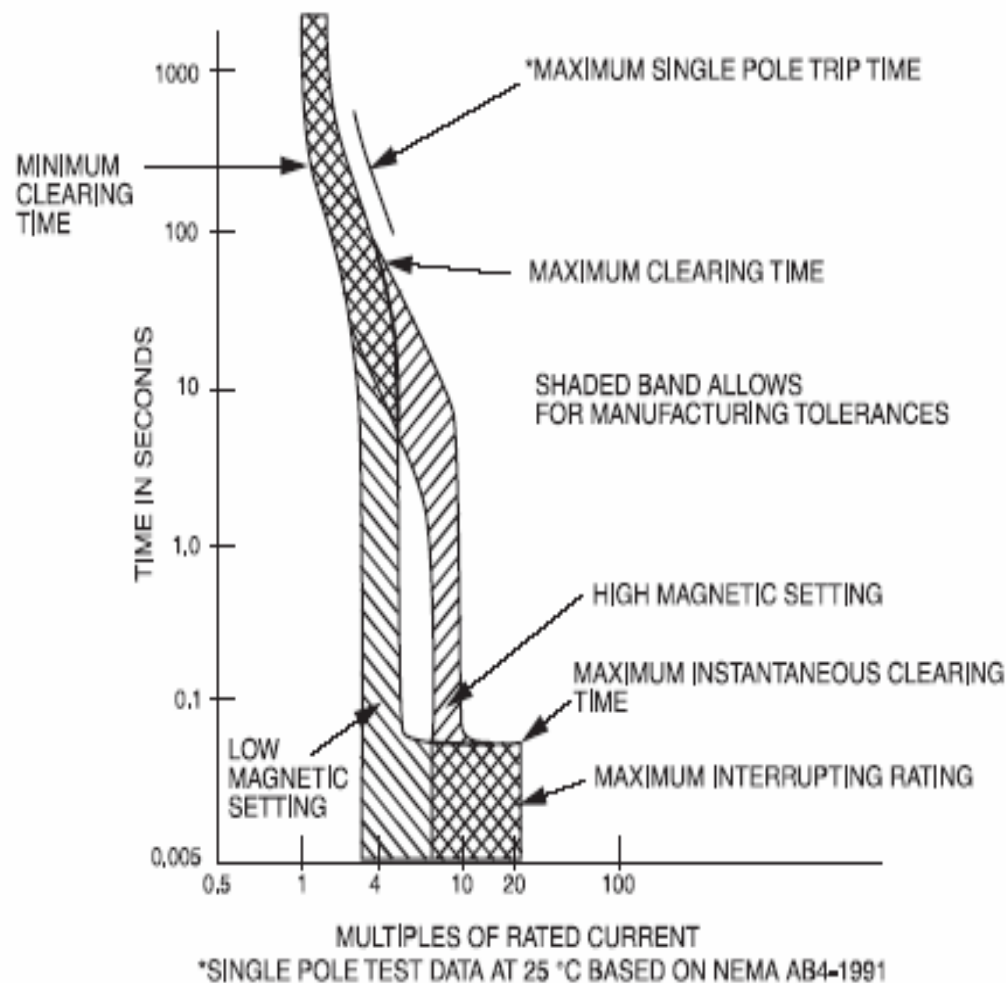
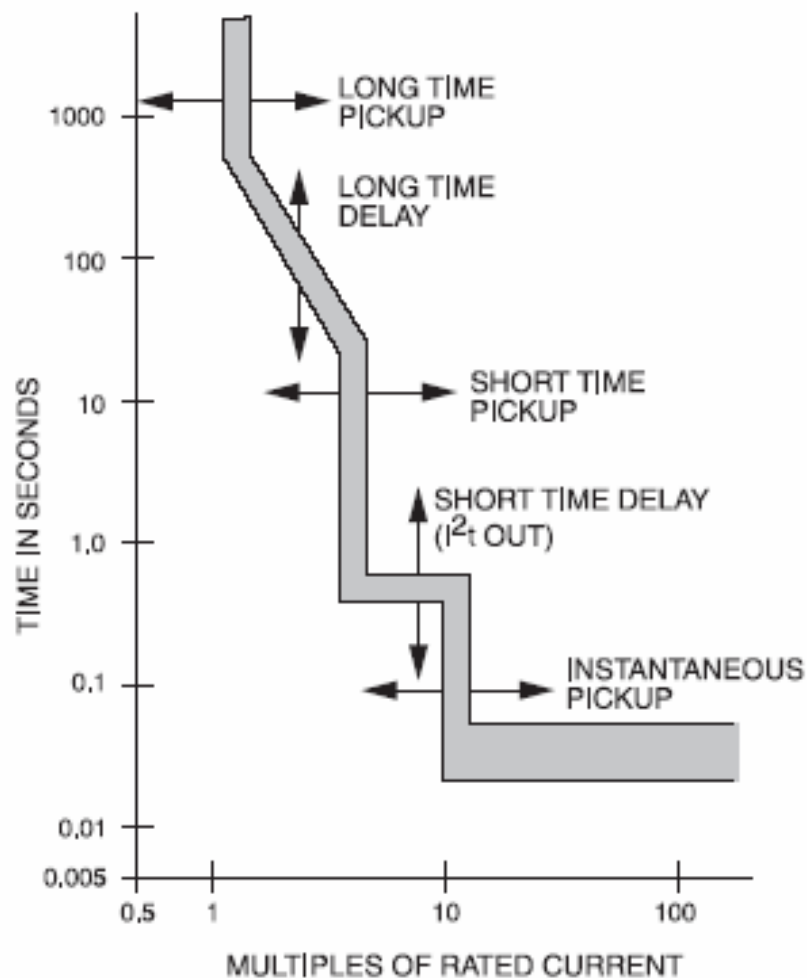
Frame size (A)	Number of poles	Interrupting rating at ac voltage (kA, rms symmetrical)				
		120	240	277	480	600
100	1	10 65		14 65		
100, 150	2, 3 2, 3		18 65 100		14 25 65	14 18 25
225, 250	2, 3 2, 3		25 65 100		22 25 65	22 22 25
400, 600	2, 3 2, 3		42 65 100		30 65	22 25 35
800, 1000			42 65 200		30 50 100	22 25 65
1200			42 65 200		30 50 100	22 25 65
1600, 2000			65 125		50 100	42 65
3000, 4000			100 200		100 150	85 100

**CAPACIDAD TÍPICA DE
INTERRUPCIÓN DE MCCBs
PARA
USO COMERCIAL E
MINDUSTRIAL**

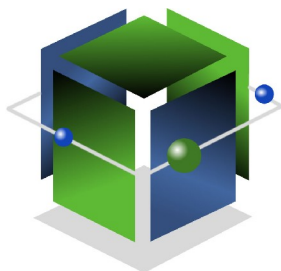


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

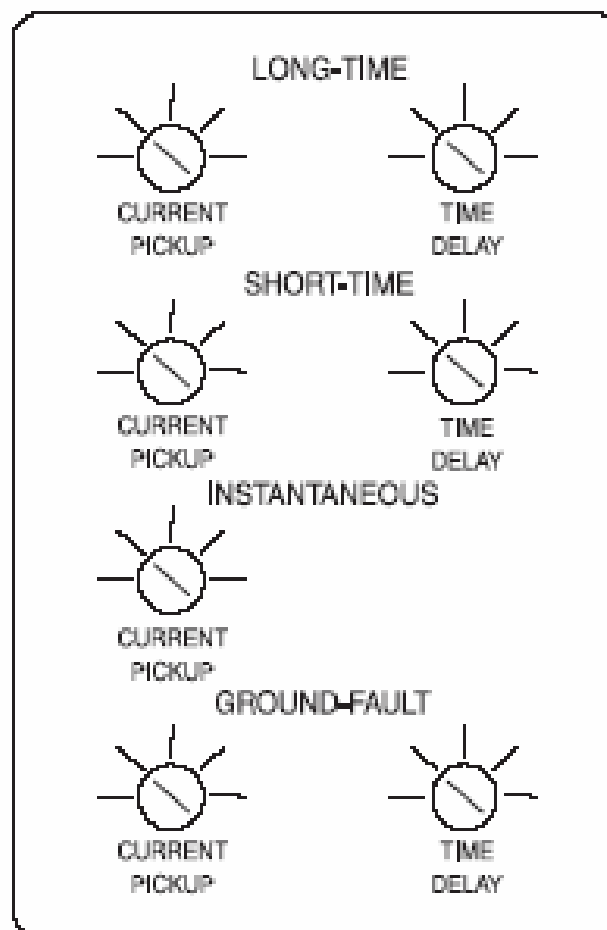


CURVAS DE AJUSTE TÍPICAS PARA EL MCCBs

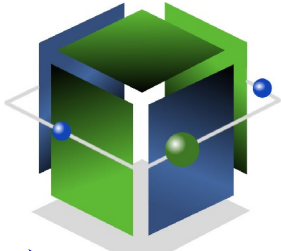


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



**UNIDAD DE AJUSTE CON TEMPORIZADO, CORTO TIEMPO,
INSTANTANEO Y FALLAS A TIERRA**



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

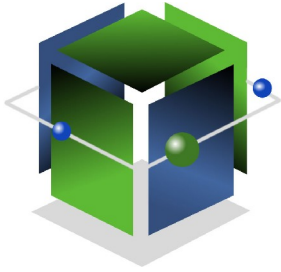
PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

➤ INTERRUPTORES LIMITADORES

En interruptores MCCBs también existen los limitadores de corriente, los cuales están formados por interruptores limitadores propiamente dicho y el combinado con fusibles limitadores.

El interruptor que no emplea fusibles limitadores para cumplir con los requisitos de limitación, debe operar en un tiempo extremadamente corto ($1/2$ ciclo) ante una alta corriente de falla en el sistema.

Una repuesta lenta reduce la limitación de corriente y provee poca o si acaso ninguna protección para los dispositivos conectados

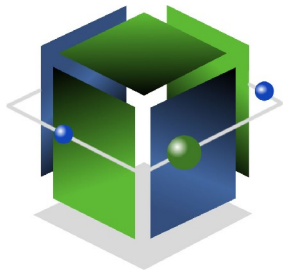


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

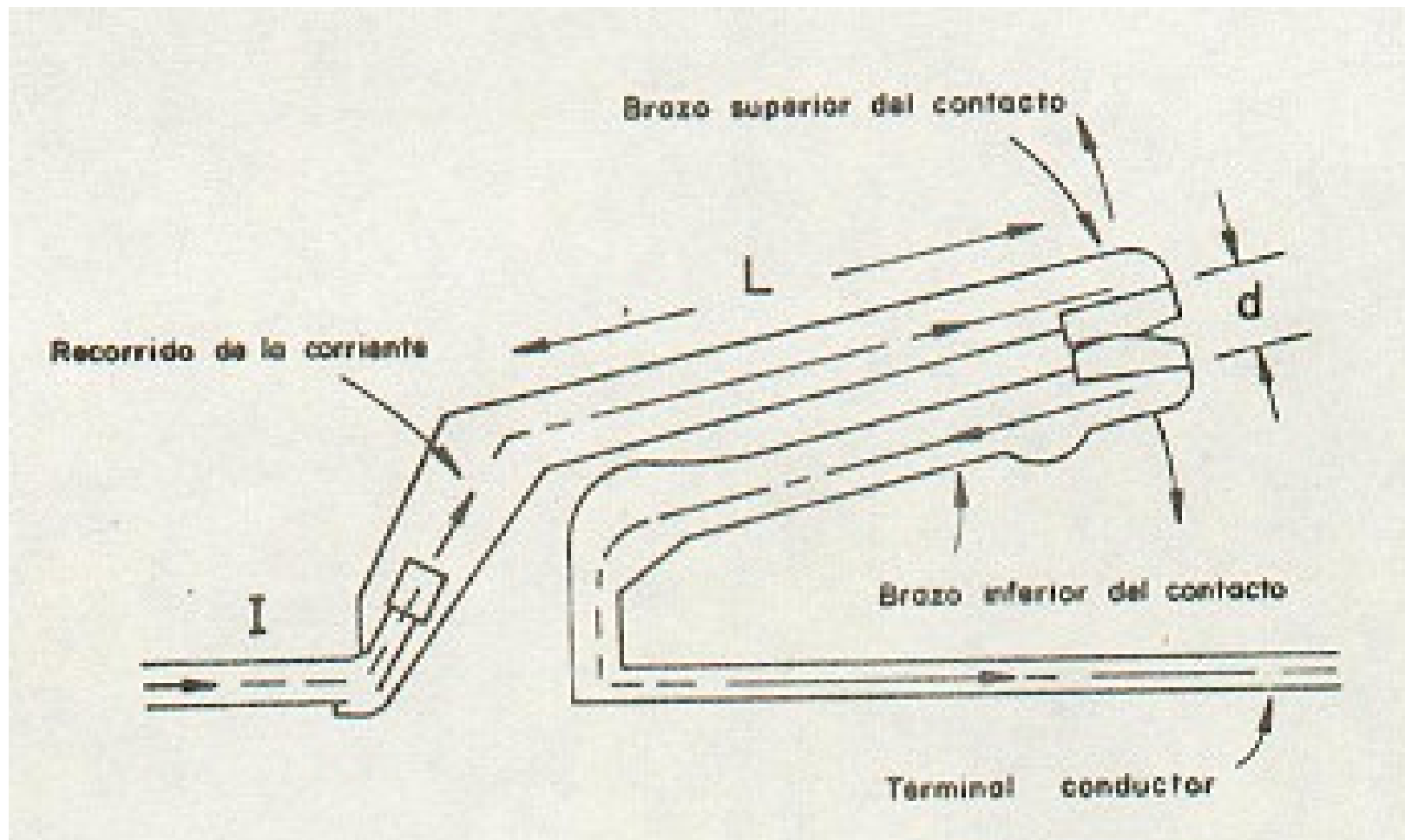
Para alcanzar la separación de los contactos a alta velocidad, los brazos de estos descansan uno sobre el otro permitiendo que la corriente fluya en direcciones opuestas. Esto crea una fuerte repulsión magnética entre ambos contactos como se muestra en la siguiente figura.

Esta separación de alta velocidad se complementa con la extinción del arco, lográndose mediante la colocación de una cámara de extinción lo cual induce el alargamiento del arco.

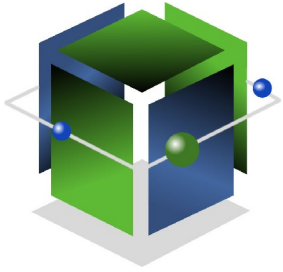


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION TERMOMAGNÉTICA



POSICIÓN DE LOS CONTACTOS

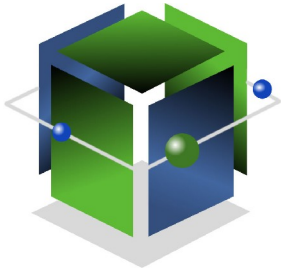


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

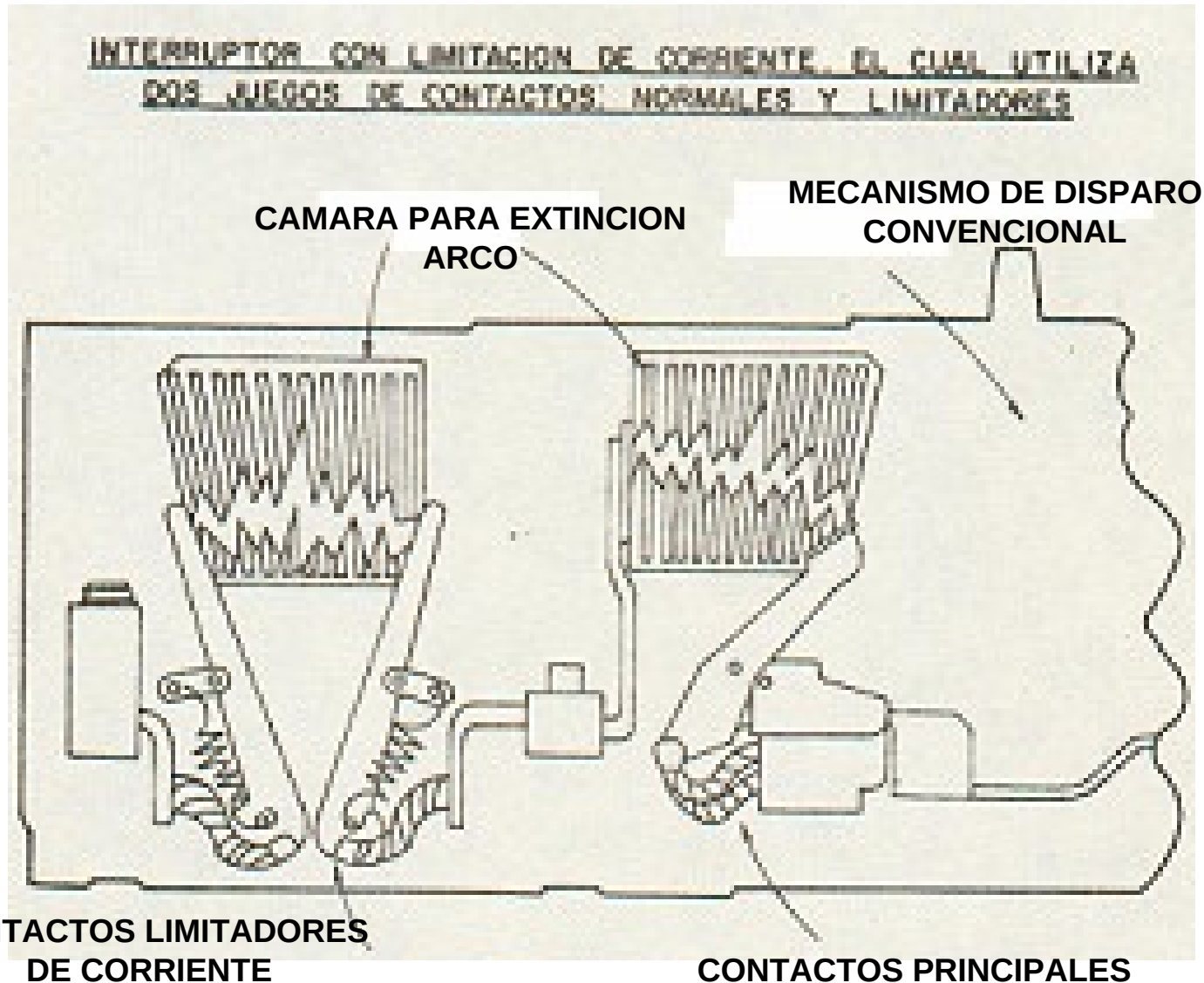
En estos diseños, según las figuras siguientes, se utilizan dos juegos de contactos, uno para operación normal para el despeje de sobre cargas y corto circuitos moderados, y un segundo para la función limitadora de corriente para fallas de alto nivel.

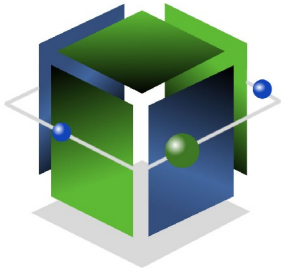
Existe un modelo con un solo juego de contactos para ambas operaciones, de sobre cargas y corto circuitos moderados, y las aperturas de corrientes de fallas muy altas. Esto se complementa con un bloque de láminas de acero en forma de U, que al circular la corriente de corto circuito se crea un campo magnético que magnifica la fuerza de repulsión entre ambos contactos.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION TERMOMAGNÉTICA





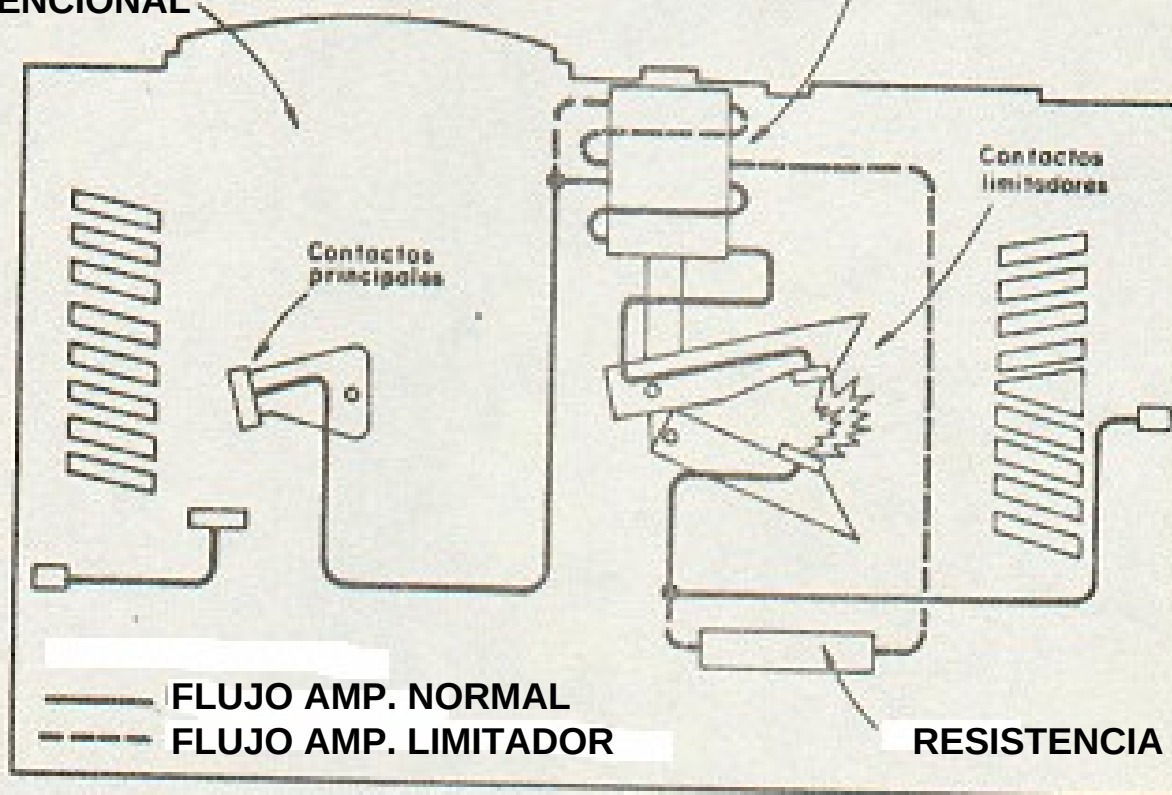
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION TERMOMAGNÉTICA

INTERRUPTOR CON LIMITACION DE CORRIENTE. EL CUAL UTILIZA DOS JUEGOS DE CONTACTOS: NORMALES Y LIMITADORES. INCORPORA ADEMAS UN RESISTOR EN EL CAMINO DE LA CORRIENTE QUE AYUDA A LIMITARLA.

MECANISMO DE DISPARO
CONVENCIONAL

SELENOIDE LIMITADOR

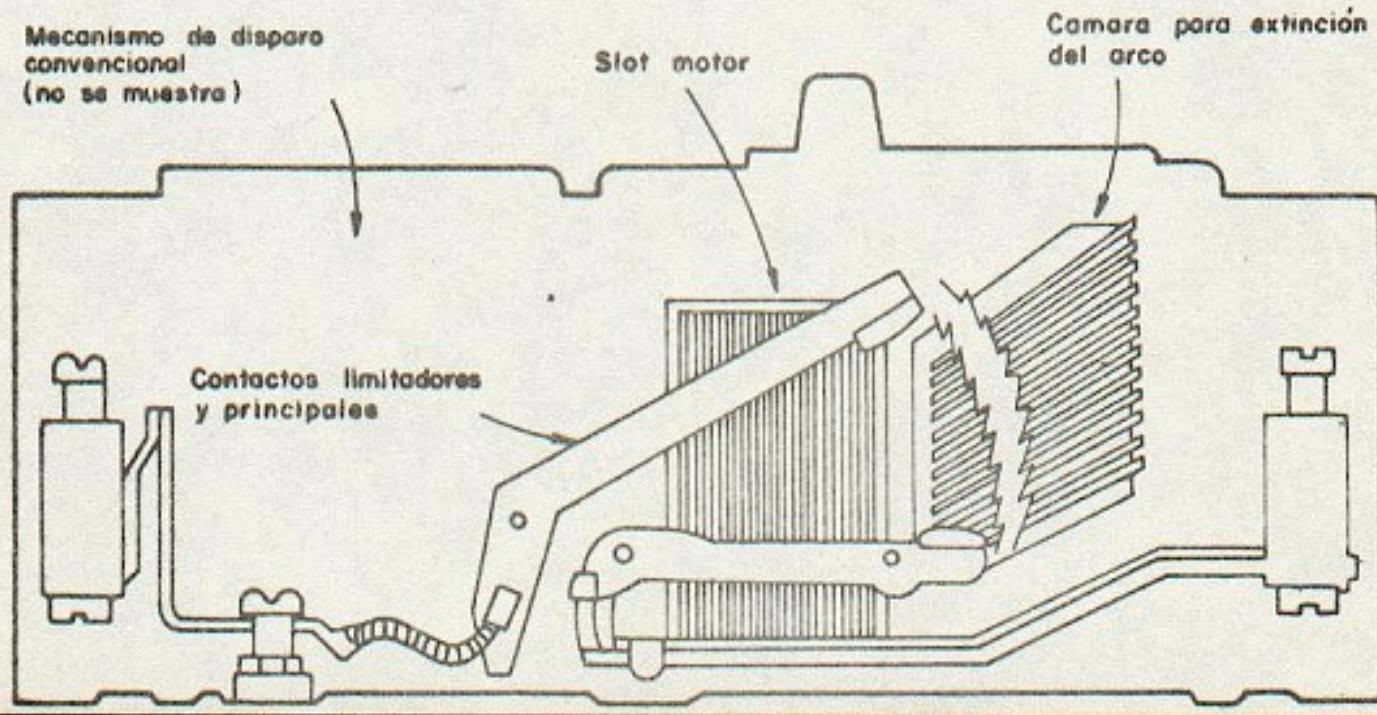


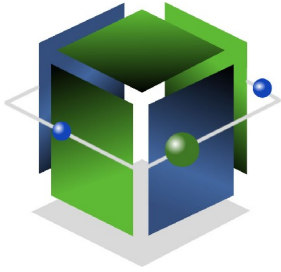


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION TERMOMAGNÉTICA

INTERRUPTOR CON LIMITACION CON UN JUEGO DE CONTACTOS QUE INCORPORAN UN SLOT MOTOR PARA ACELERAR LA APERTURA DE LOS CONTACTOS

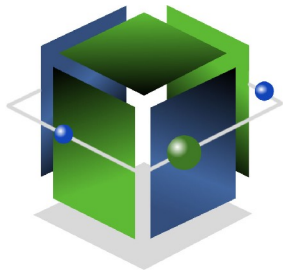




SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

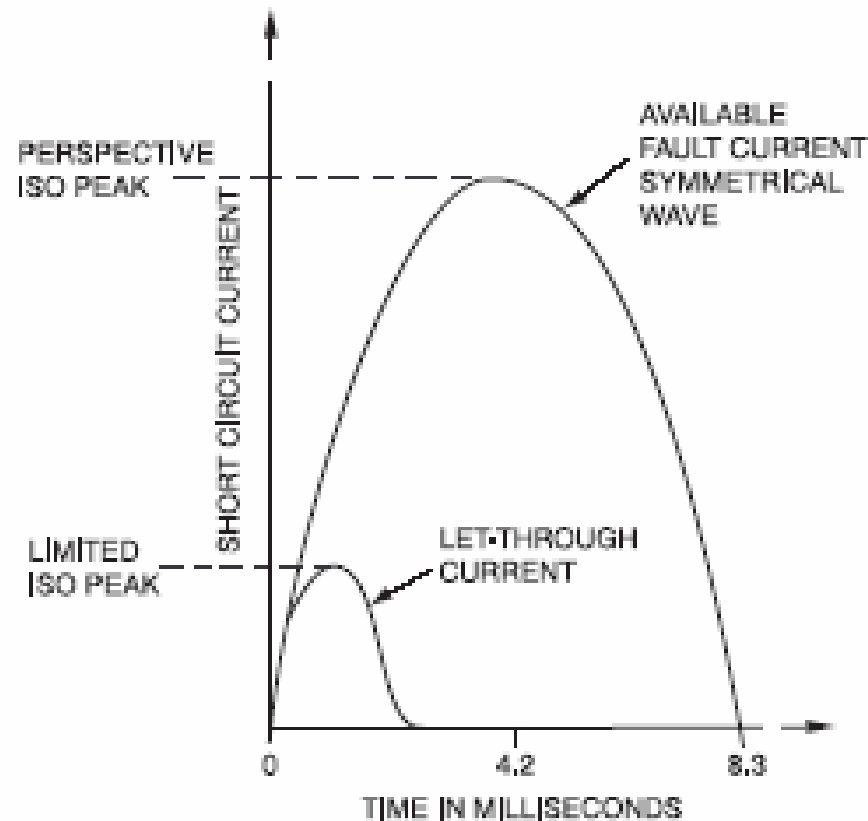
PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

En el interruptor donde se integran los fusibles limitadores, son estos últimos los que limitan la corriente siendo su comportamiento igual a lo tratado en fusibles limitadores.

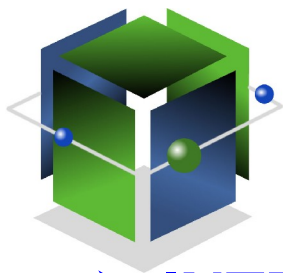


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA



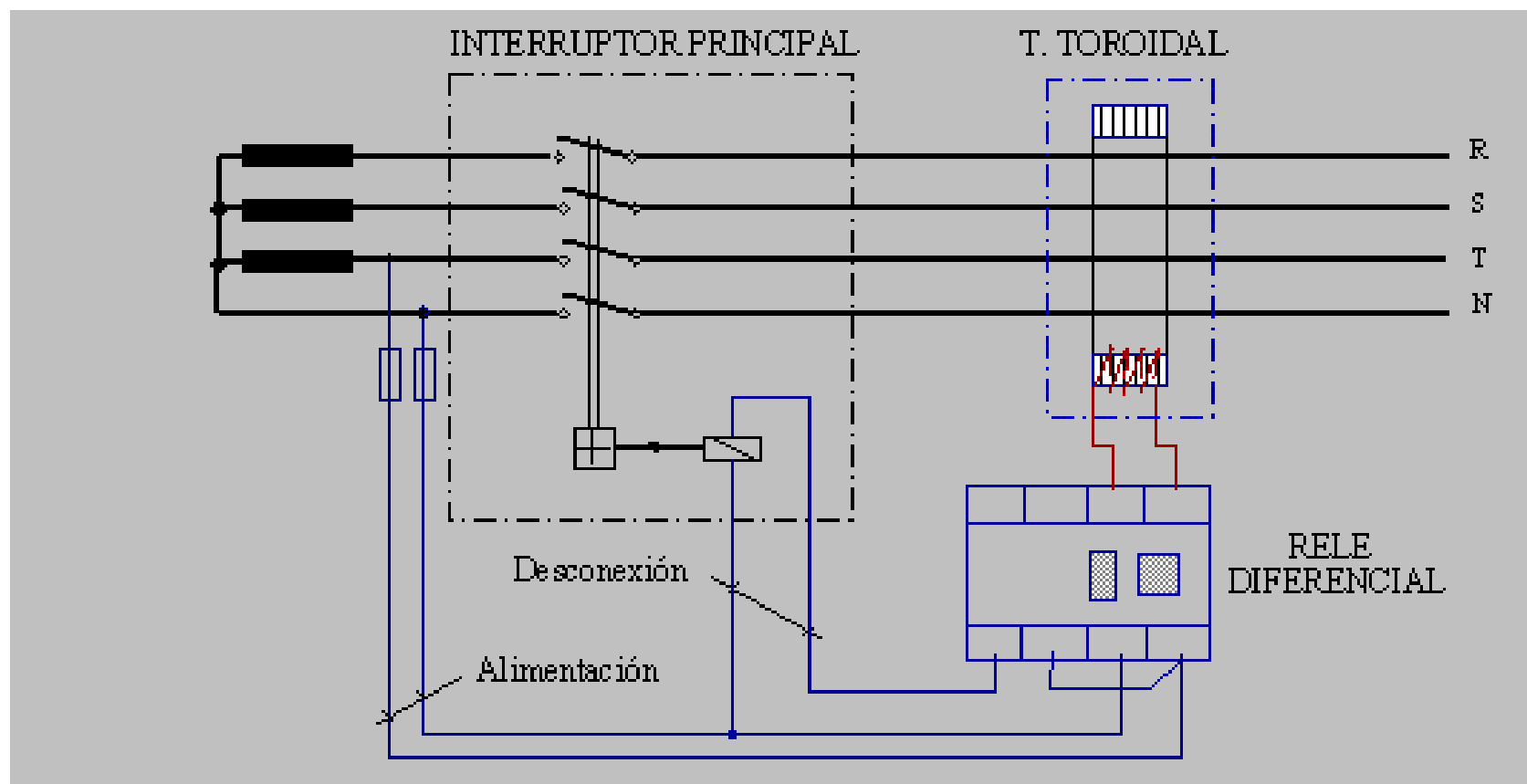
ONDA DE LA LIMITACIÓN DE CORRIENTE



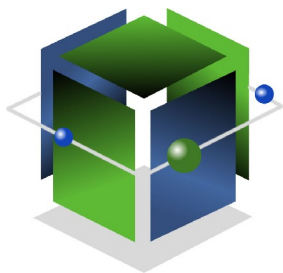
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

➤ INTERRUPTORES DIFERENCIAL

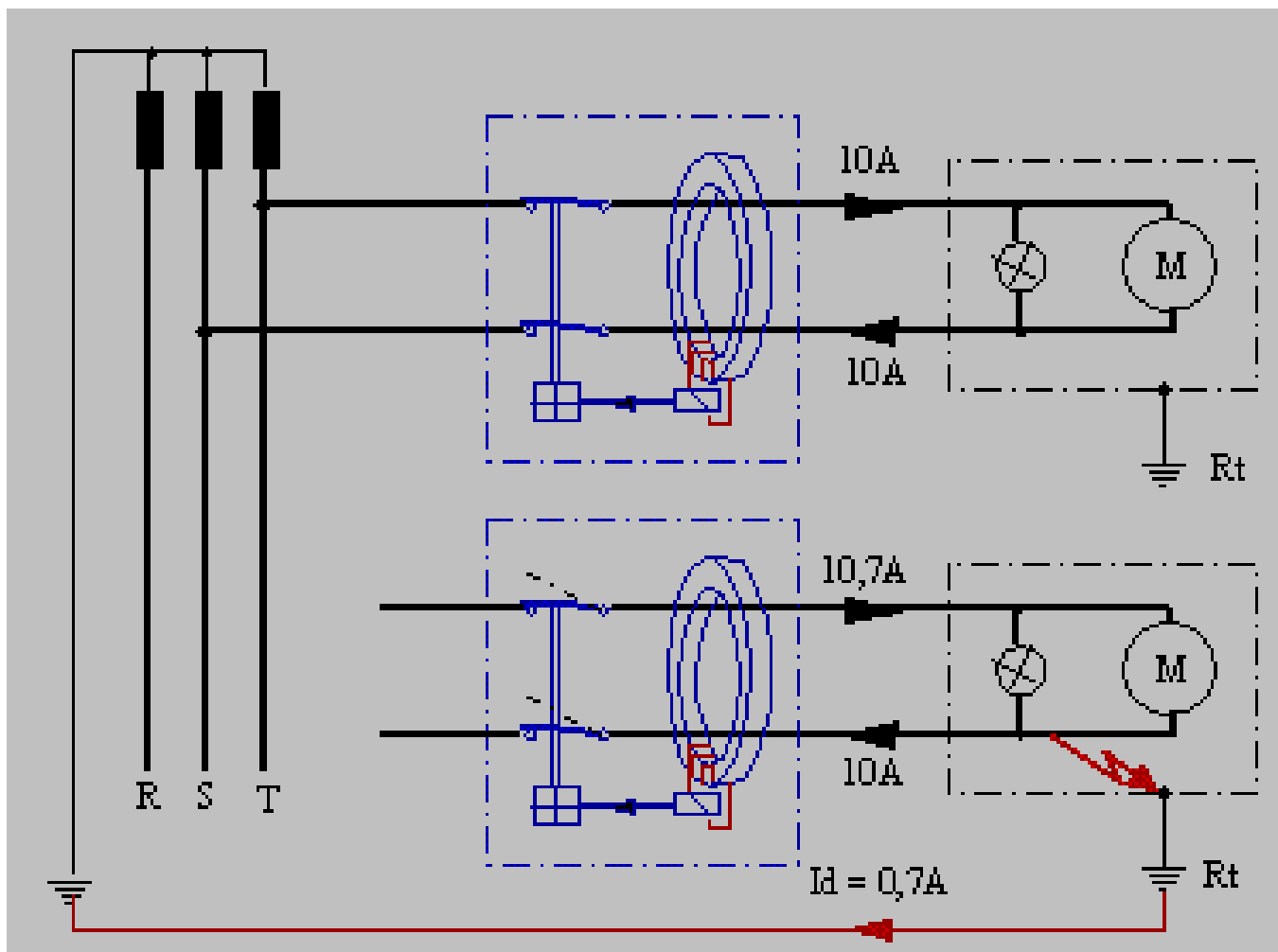


INTERRUPTOR DIFERENCIAL PARA REDES DE GRAN POTENCIA

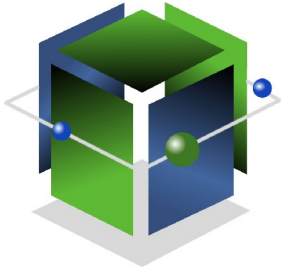


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

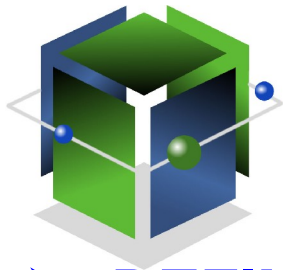


FUNCIONAMIENTO INTERRUPTOR DIFERENCIAL



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE SOBRE CORRIENTE



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

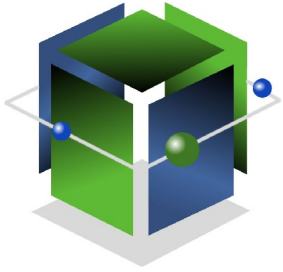
RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE

➤ DEFINICIÓN

Para la protección de las instalaciones eléctricas industriales, uno de los relees más usados es el llamado de sobre corriente, es uno de los más simples de los utilizados en la protección de sistemas eléctricos, como su nombre lo indica, está diseñado para operar cuando circule una corriente mayor de un valor previamente establecido.

Este rele tiene dos formas básicas de diseño:

- Tipo Instantáneo
 - Tipo con Retardo
-



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE

- **Tipo Instantáneo (50).**

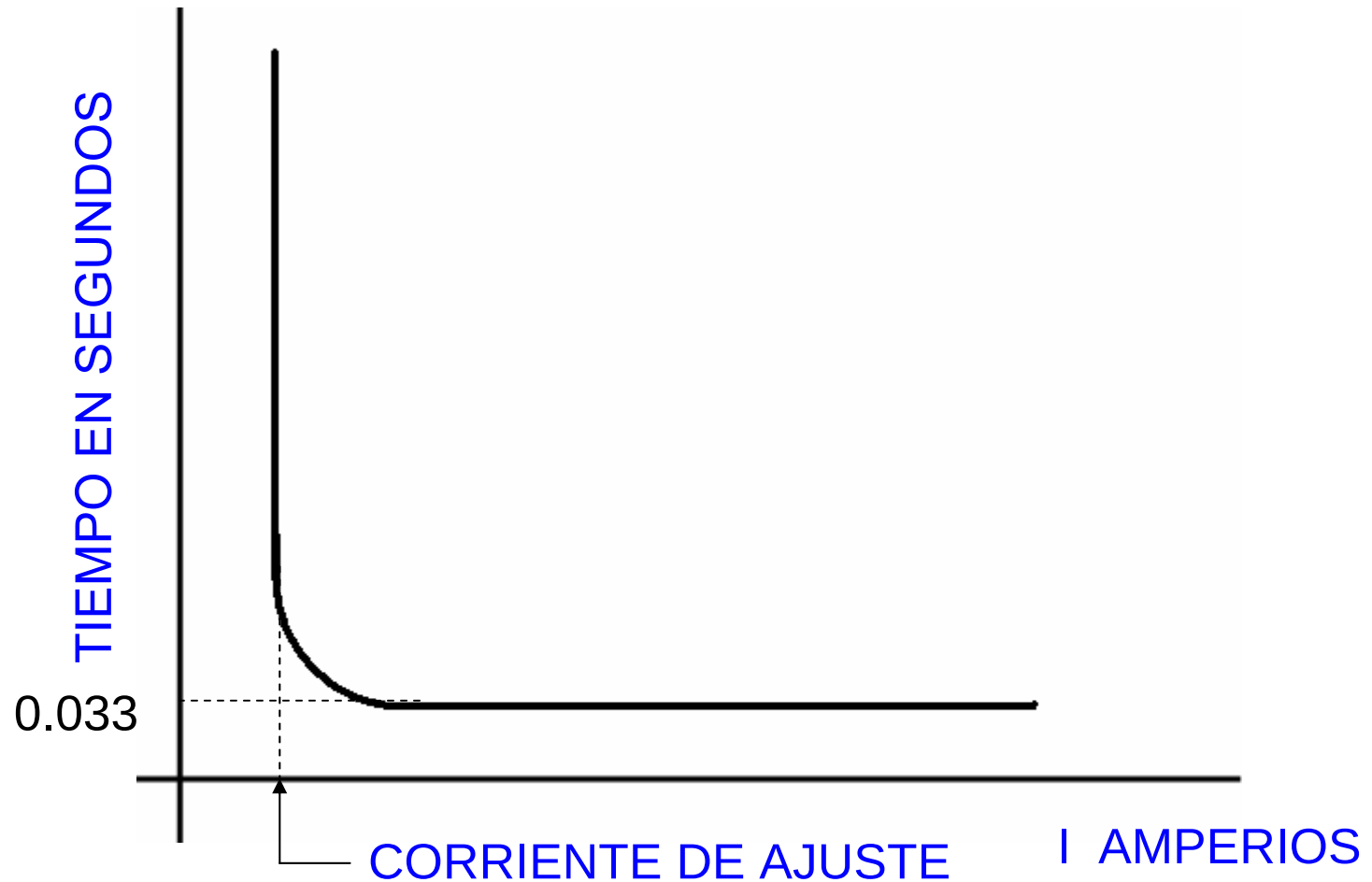
Se diseña para operar sin retraso intencional, cuando el valor de la corriente excede al valor ajustado en el rele. El rango de tiempo en la operación de este rele varía entre 0.0083 segundos (1/2 ciclo) y 0.033 segundos (2 ciclos).

Su característica se expresa mediante una curva tiempo corriente.

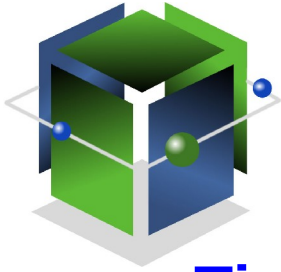


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



**DIAGRAMA BÁSICO TIEMPO-CORRIENTE
INSTANTANEO**



- **Tipo con Retardo (51)**

Tienen una característica de operación tal que, el tiempo de operación varía en forma inversa con la corriente que circula por el rele. Esta característica se identifica en forma convencional con una de las cuatro siguientes, que en el caso de los reles estáticos, sólo sirven como referencia, ya que su ajuste es muy variado.

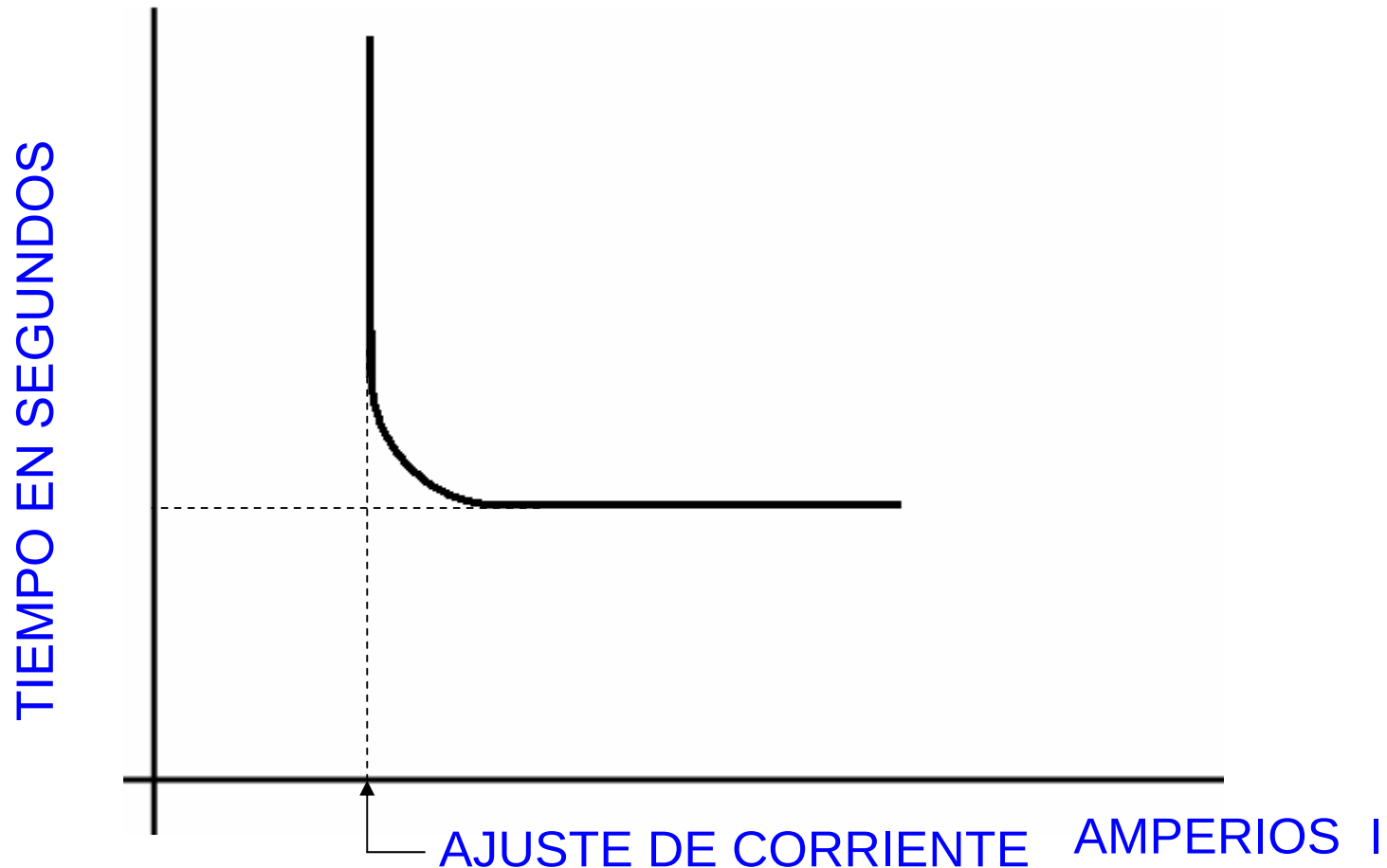
Estas características son:

- ✓ De tiempo definido.
 - ✓ De tiempo inverso.
 - ✓ De tiempo muy inverso.
 - ✓ De tiempo extremadamente inverso.
-



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

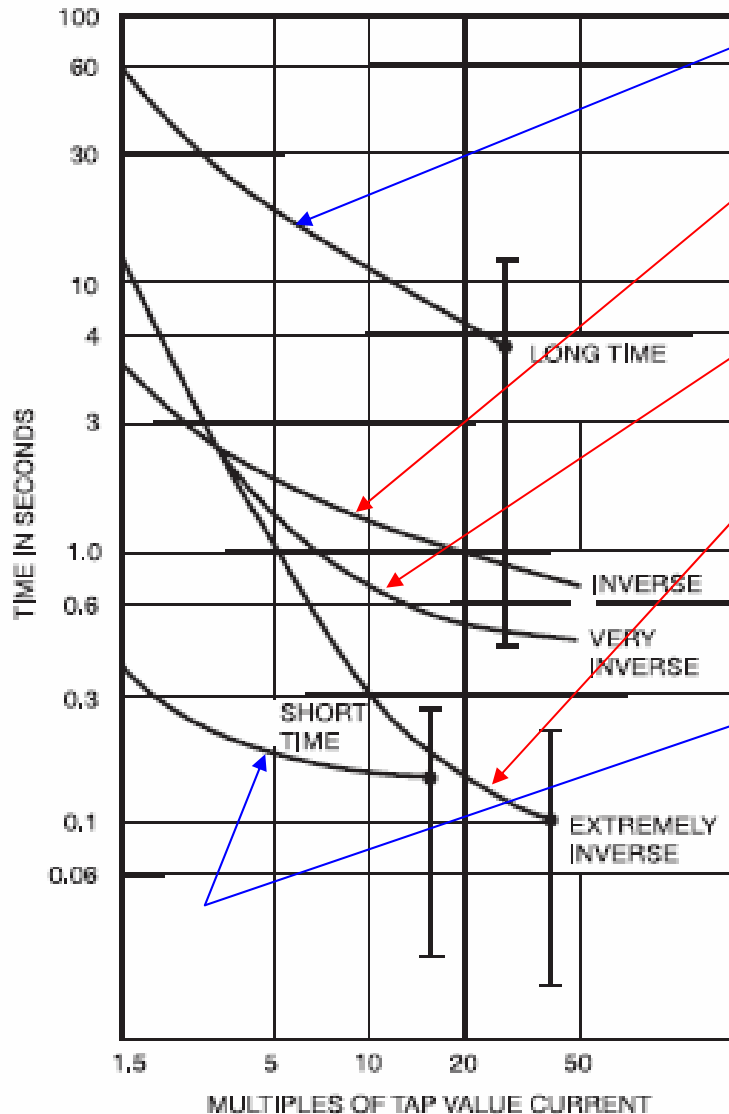
RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



**DIAGRAMA BÁSICO TIEMPO-CORRIENTE
DEFINIDO**



RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



- AJUSTE DE TIEMPO (L.T./ T.I.)

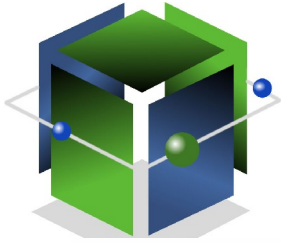
TIEMPO INVERSO

- TIEMPO MUY INVERSO

TIEMPO EXTREMADAMENTE INVERSO

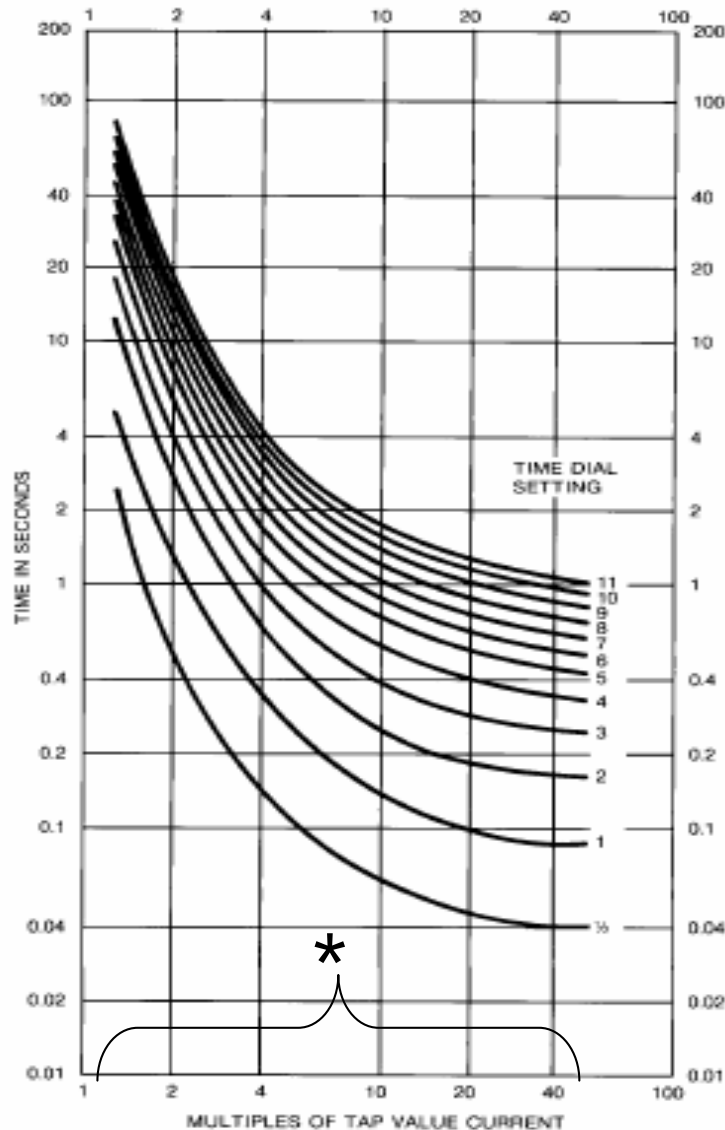
- AJUSTE DE TIEMPO (S .T./ T.I.)

COMPARACIÓN DE LAS CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE LOS RELES DE SOBRE CORRIENTE



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

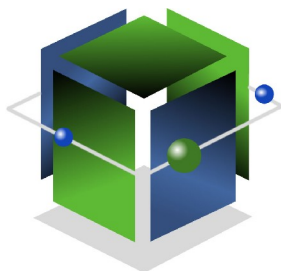
RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



* TAP VALOR DE CORRIENTE
(PICK UP)

TIEMPO DE AJUSTE EN SEG.
(TIME DIAL SETTING)

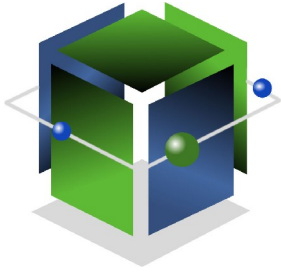
**CURVAS TIEMPO CORRIENTE
RELES DE SOBRE CORRIENTE
MUY INVERSO**



RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE

Tap range	Tap settings
0.5-2.5 (or 0.5-2)	0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5
0.5-4	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.0, 1.2,
	1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0
1.5-6 (or 2-6)	1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6
4-16 (or 4-12)	4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 16
1-12	1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0,
	3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12

**RANGOS TÍPICOS DE TAP (CORRIENTE)
PARA RELES DE SOBRE CORRIENTE**

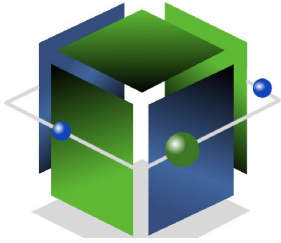


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE

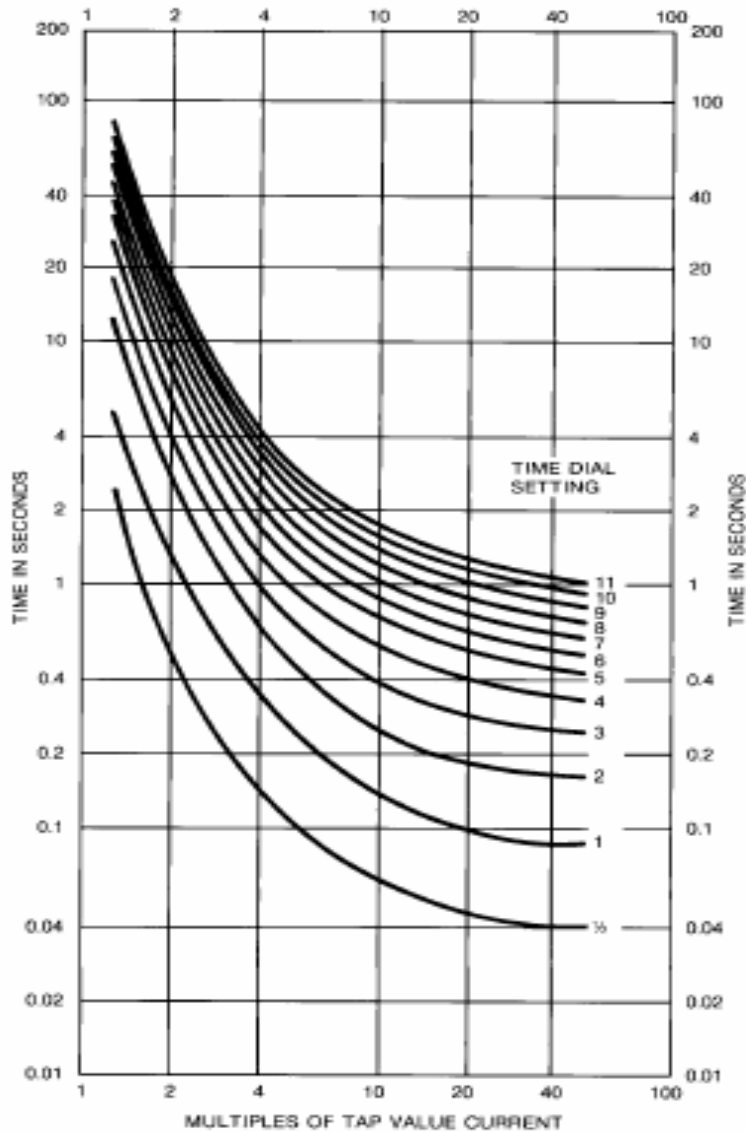
EJEMPLO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL RELE.

Utilizando la siguiente figura, mostrando un transf. sobrecargado, determinar a) El TAP en base a la corriente nominal del transf. b) Tiempo de operación del rele si la carga del transf. es **120 A** y el ajuste de tiempo del rele está en **3** y c) Corriente que circula por el rele en condiciones de sobrecarga.

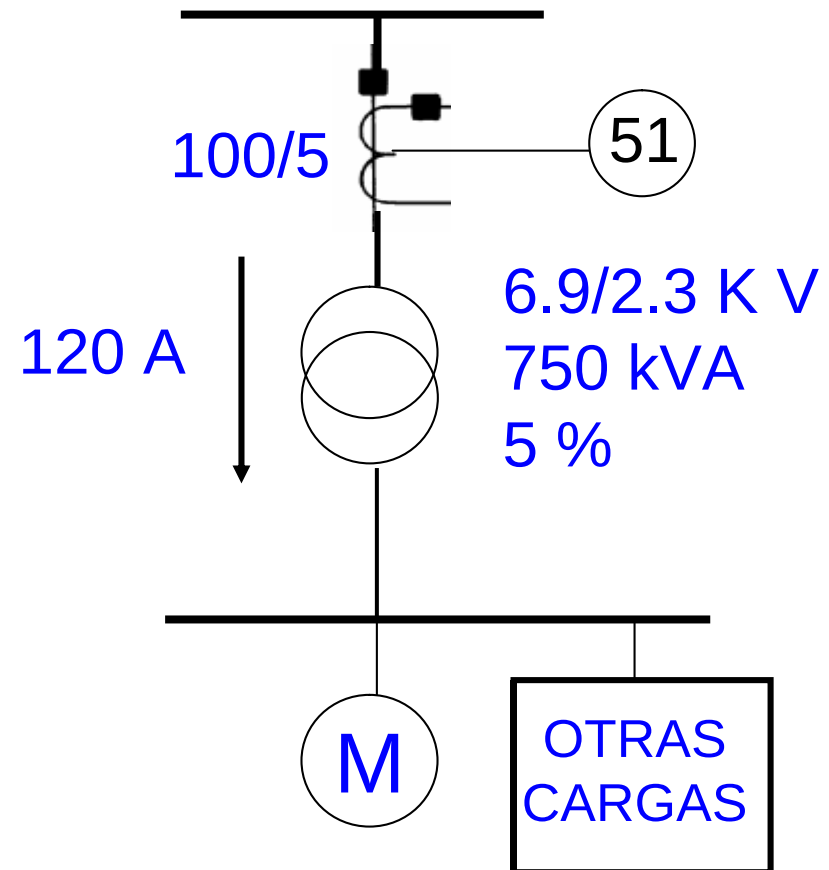


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



EJEMPLO





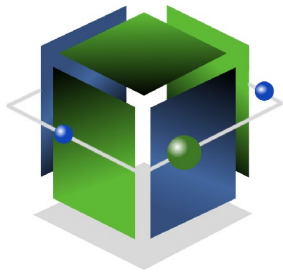
a)

$$I_{nt} = \frac{750kVA}{\sqrt{3}36.9kV} = 62.76A$$

$$R_{ct} = \frac{100}{5} = 20$$

$$TAP = \frac{62.76A}{20} = 3.14A \approx 3$$

Según la tabla de rangos seleccionamos el rango 3 como TAP, por ser el más próximo.



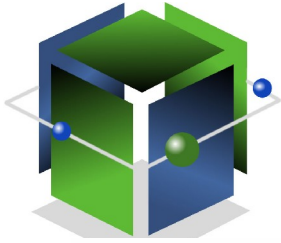
b)

$$I_{\text{sec.ct}} = \frac{120}{20} = 6A$$

$$I_{\text{mult.tap}} = \frac{I_{\text{sec.ct}}}{TAP} = \frac{6}{3} = 2$$

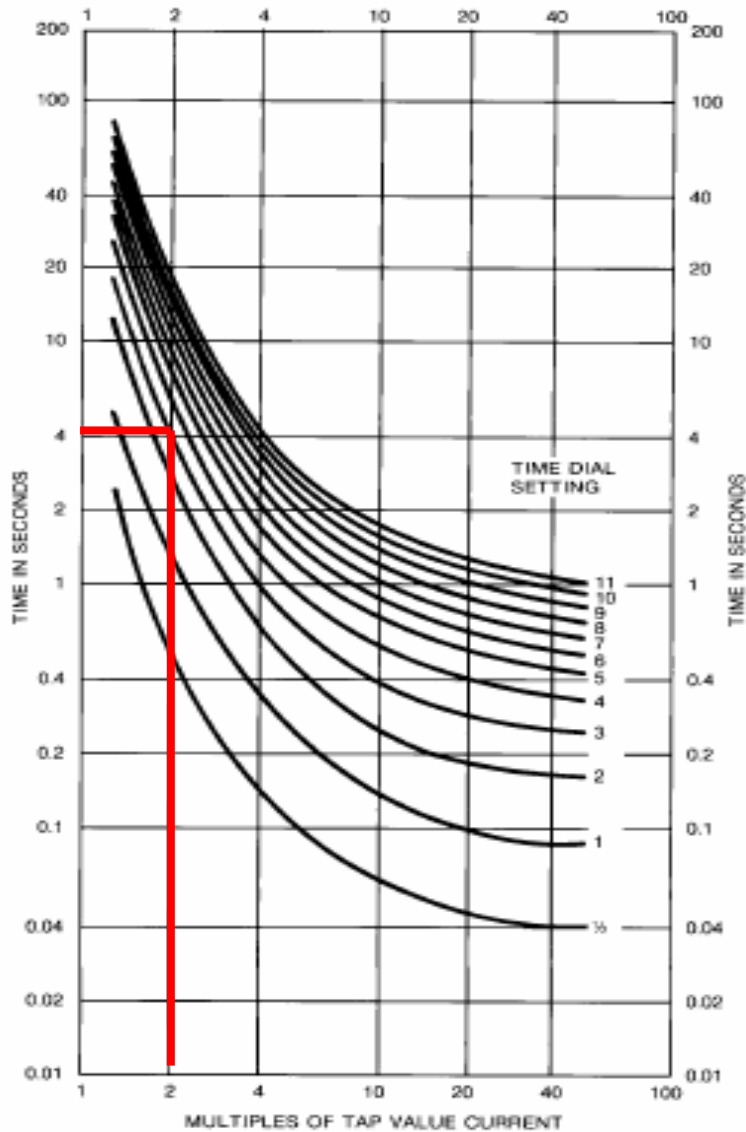
Si vamos a la curva con ajuste de tiempo **3** y un pick up de **2** nos da un tiempo de operación de **4** segundos.

c) La corriente que circula por el rele en condiciones de sobre carga es 6 A.

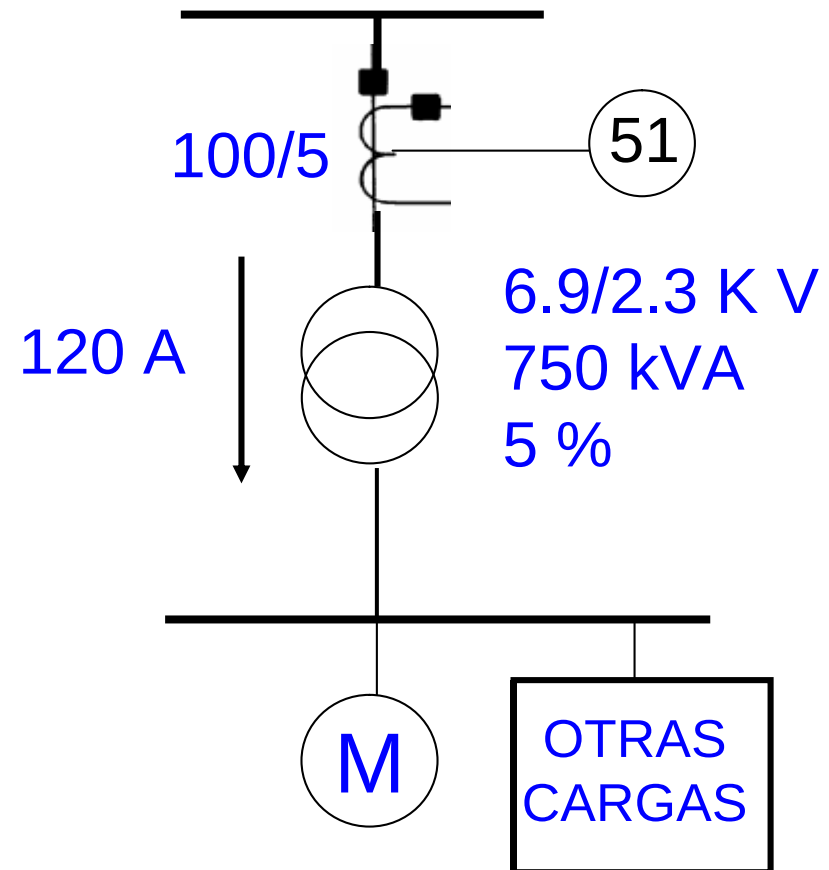


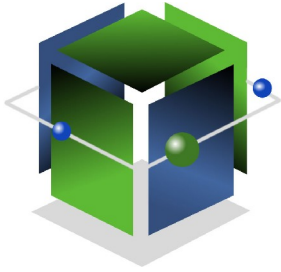
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



SOLUCION DEL EJEMPLO



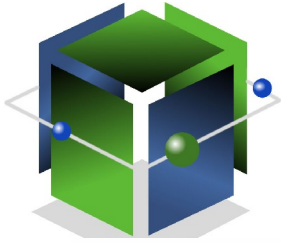


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE

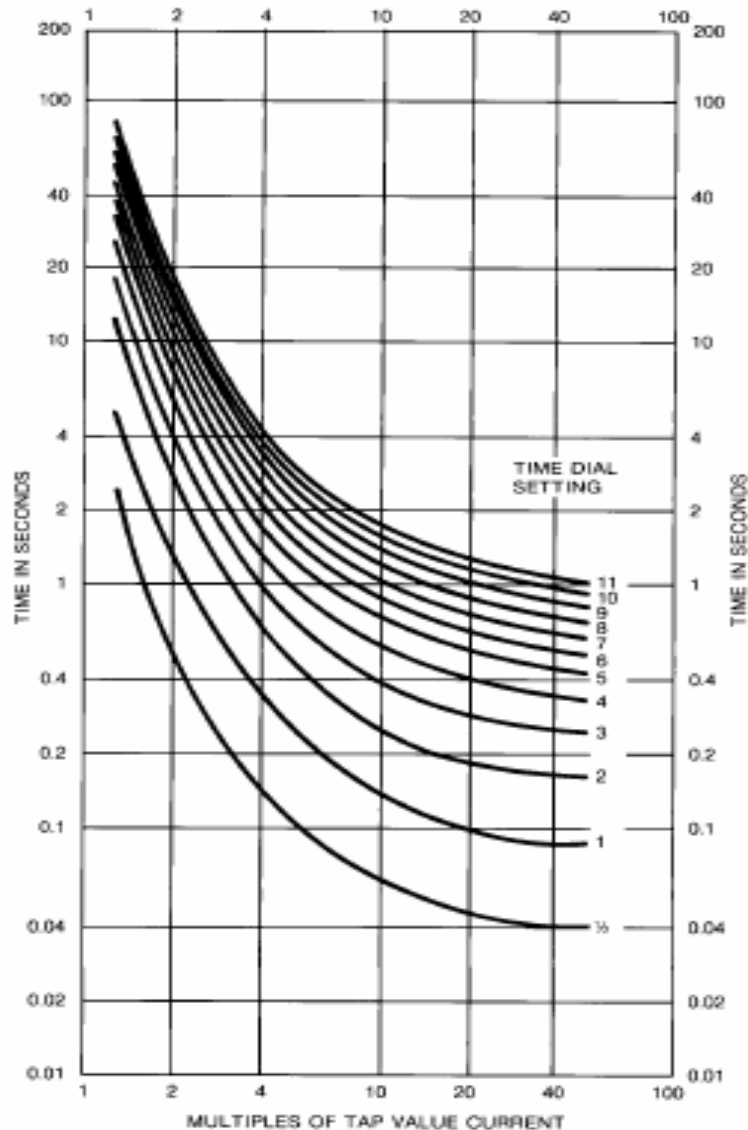
EJERCICIO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE OPERACIÓN DEL RELE.

Utilizando la siguiente figura, mostrando un transf. sobrecargado, determinar a) El TAP en base a la corriente nominal del transf. b) Tiempo de operación del rele si la carga del transf. es 240 **A** y el ajuste de tiempo del rele está en 1 y c) Corriente que circula por el rele en condiciones de sobrecarga.

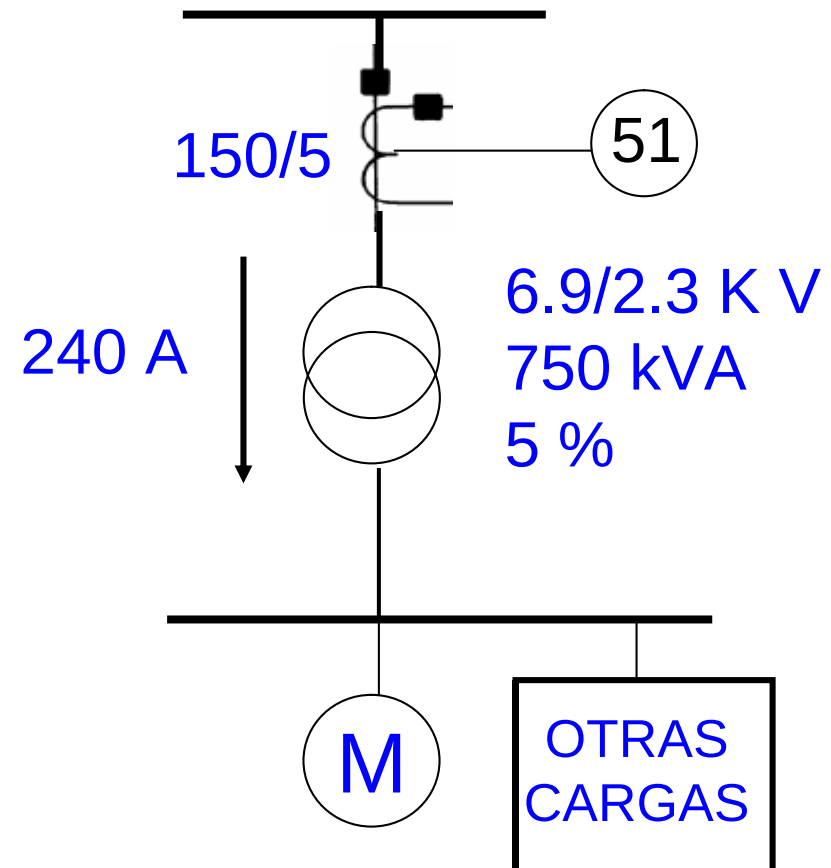


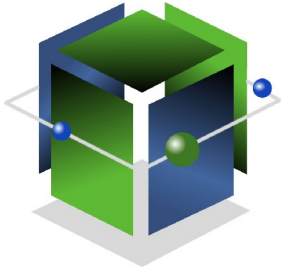
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES O RELEVADORES DE CORRIENTE



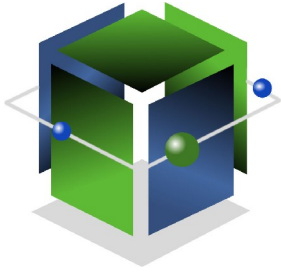
EJERCICIO





SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRE CORRIENTE



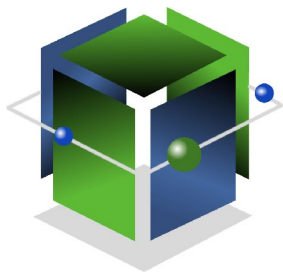
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

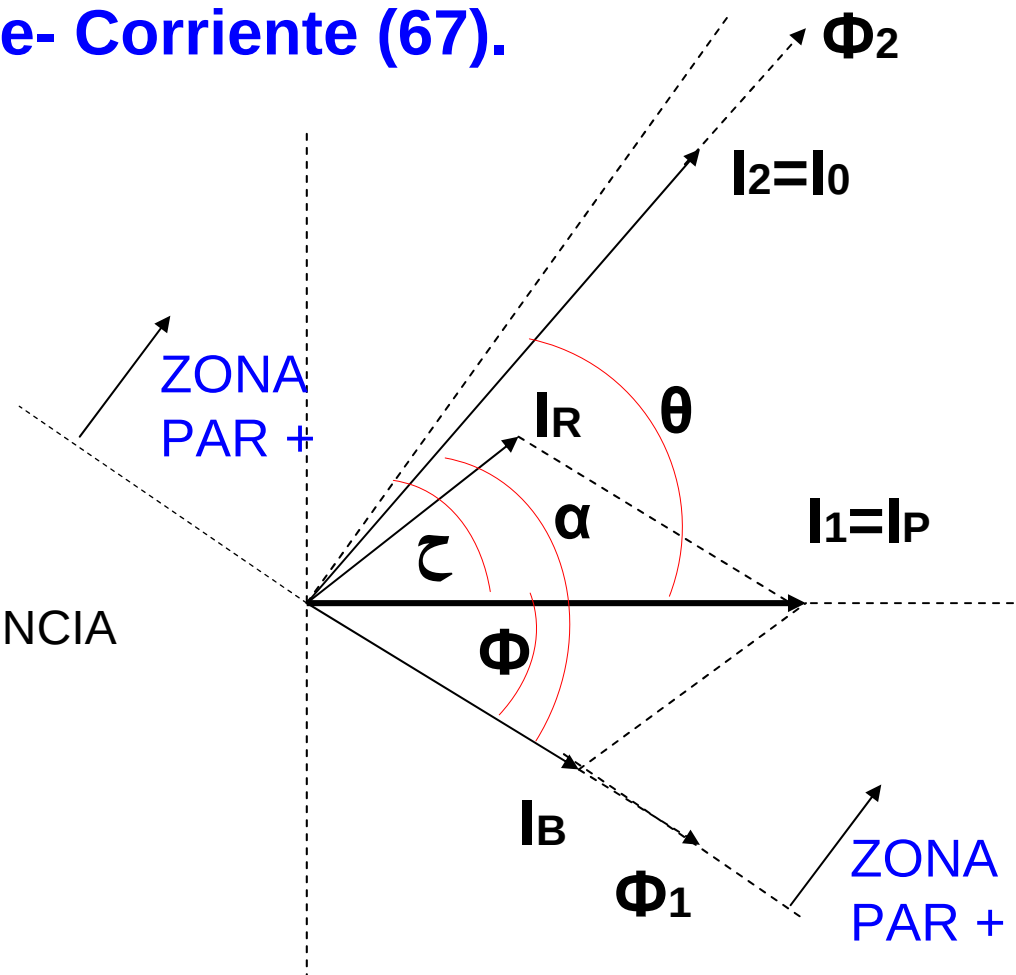
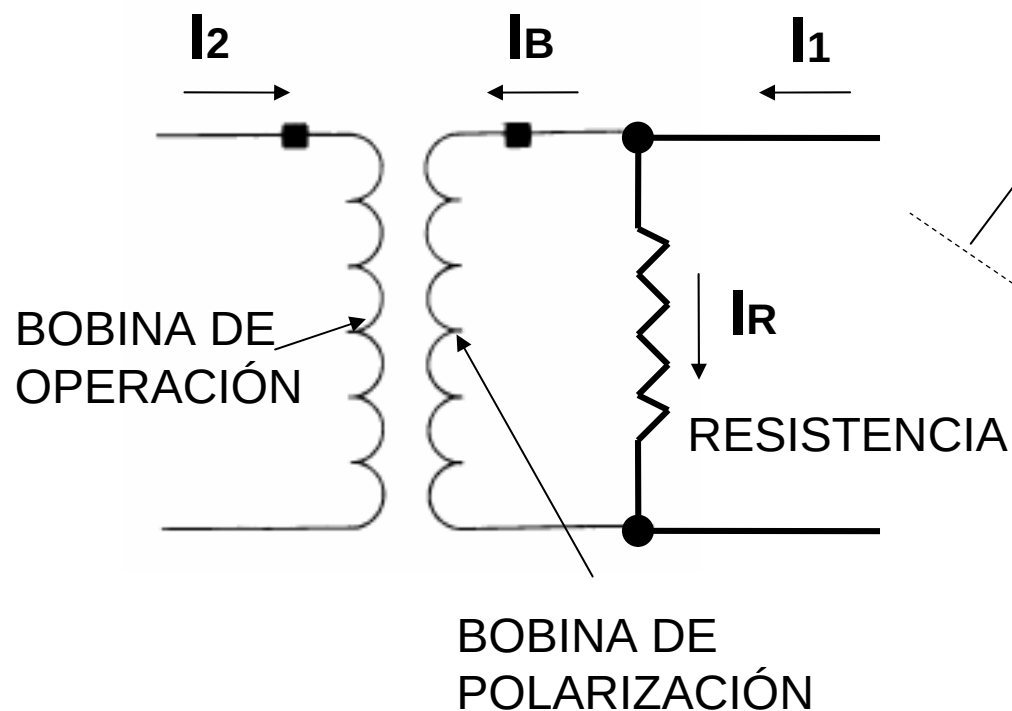
➤ DEFINICIÓN

Los reles direccionales son dispositivos que operan solamente cuando las corrientes de falla fluye en un sentido. Están formadas o representan dos bobinas independientes entre sí, que son alimentadas una por la fuente polarizante y la otra por la fuente de operación.

El rele opera cuando los flujos o los efectos producidos por las cantidades actuantes, tienen una magnitud mínima y un ángulo de fase dentro de ciertos límites.



- **Rele Direccional Corriente- Corriente (67).**



**REPRESENTACIÓN DE LAS
BOBINAS DE OPERACIÓN Y POLARIZANTE**

VECTORES



Para el rele corriente – corriente la expresión del par electromagnético se expresa a continuación:

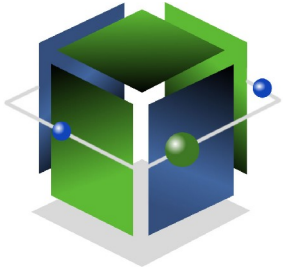
$$T = K_1 \phi_1 \phi_2 \text{sen} \alpha$$

$$T = K_2 I_0 I_p \text{sen} \alpha$$

$$\alpha = \theta - \phi \quad (\phi \text{ es negativo})$$

$$\tau - \phi = 90^\circ$$

$$-\phi = 90^\circ - \tau$$



$$T = K_2 I_0 I_p \text{sen}(\theta - \tau + 90^\circ)$$

$$T = K_2 I_0 I_p \cos(\theta - \tau)$$

Esta es la ecuación que se utiliza para expresar el par de un rele direccional corriente corriente.

El par será máximo cuando $\theta = \tau$, lo cual ocurre cuando $\alpha = 90^\circ$.

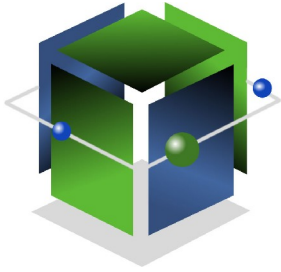


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

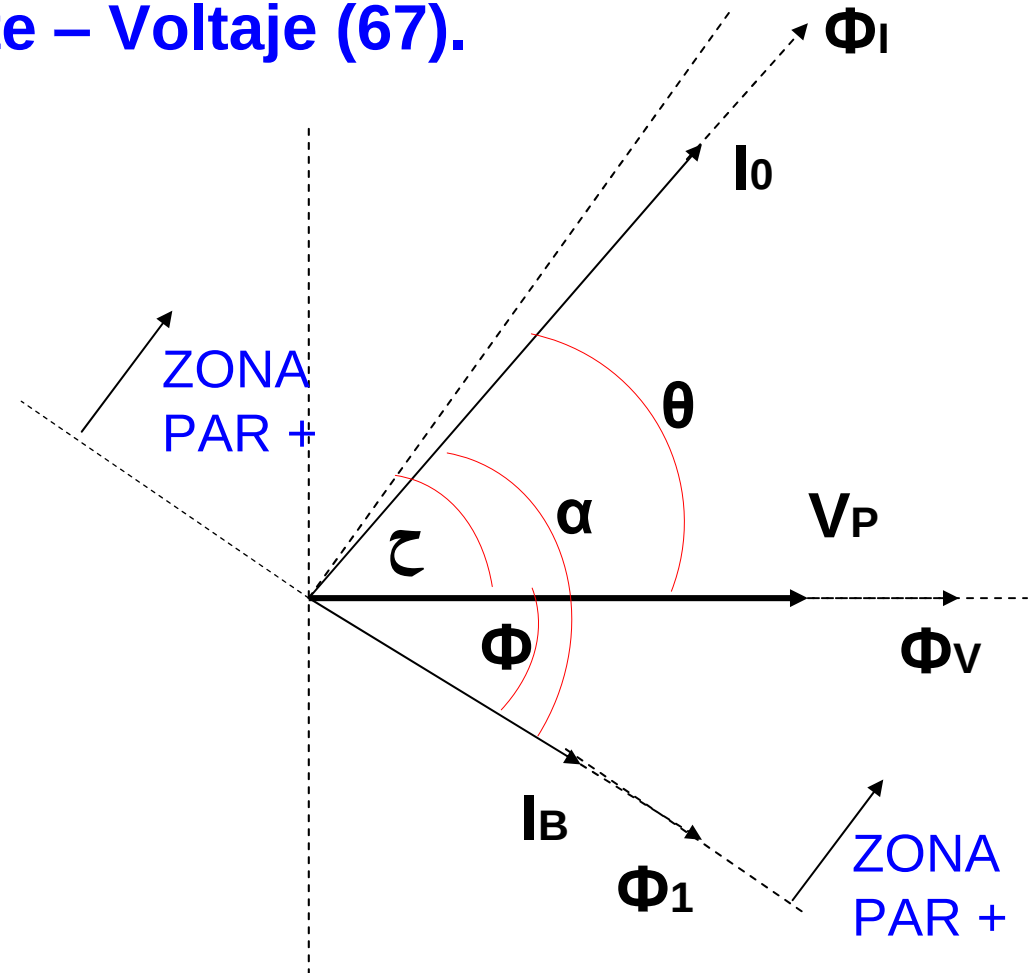
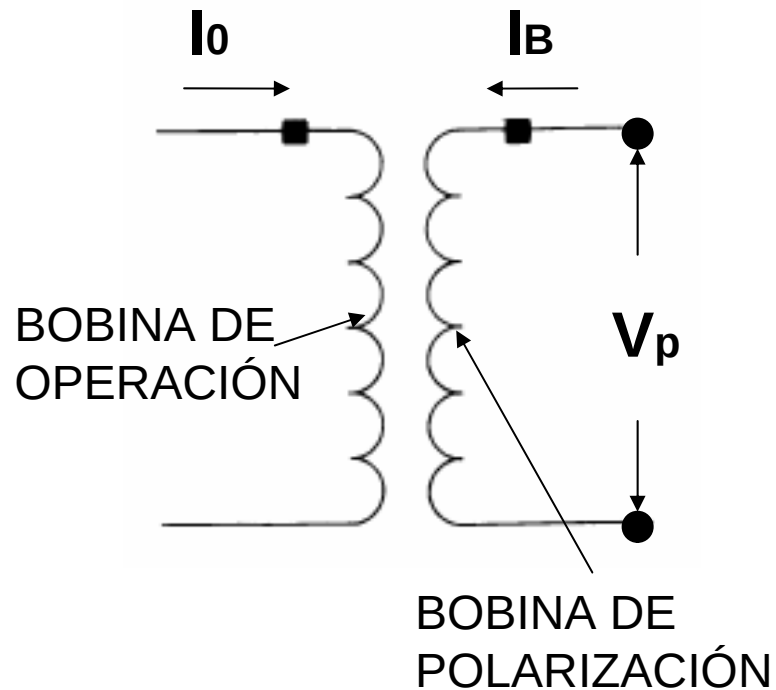
RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

El rele opera solamente cuando la corriente en la bobina de operación (I_2) adelanta la corriente de la bobina de polarización (I_B).

Para modificar el ángulo χ (Ángulo de par máximo) se utiliza una resistencia o capacitancia en paralelo con la bobina de polarización.

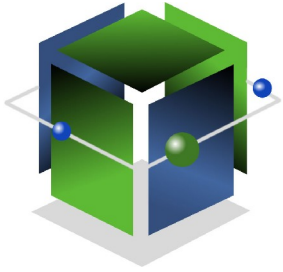


- Rele Direccional Corriente – Voltaje (67).



**REPRESENTACIÓN DE LAS
BOBINAS DE OPERACIÓN Y POLARIZANTE**

VECTORES



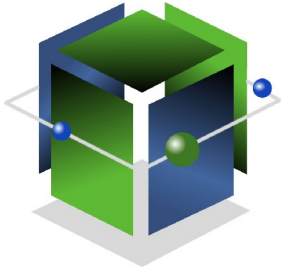
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

En este caso la ecuación del par electromagnético se convierte en:

$$T = K_1 I_0 V_p \cos(\theta - \tau)$$

Para variar el ángulo del par máximo se coloca una impedancia en serie con la bobina de polarización.



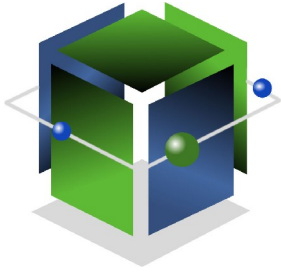
- **Característica de Operación del Relé Direccional.**

La ecuación del par neto de un rele direccional es:

$$T = K_1 I_0 I_p \cos(\theta - \tau) - K_2 \quad \text{CORRIENTE/CORRIENTE}$$

$$T = K_1 I_0 V_p \cos(\theta - \tau) - K_2 \quad \text{CORRIENTE/VOLTAJE}$$

Donde K_2 representa el par de oposición producido por resorte espiral en los electromecánicos o a través de un medio comparador o microprocesador quienes determinan los valores de arranque y dirección del rele en los digitales.



Si decimos que el punto crítico es cuando $T = 0$ entonces:

$$T = K_1 I_0 V_p \cos(\theta - \tau) - K_2 = 0$$

$$I_0 V_p \cos(\theta - \tau) = \frac{K_2}{K_1} = \text{Constante}$$

Para que el rele opere el par actuante debe ser mayor que el par de oposición para los rele electromecánicos; y en los digitales el circuito comparador o microprocesador determinara el arranque en función a los ajustes.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

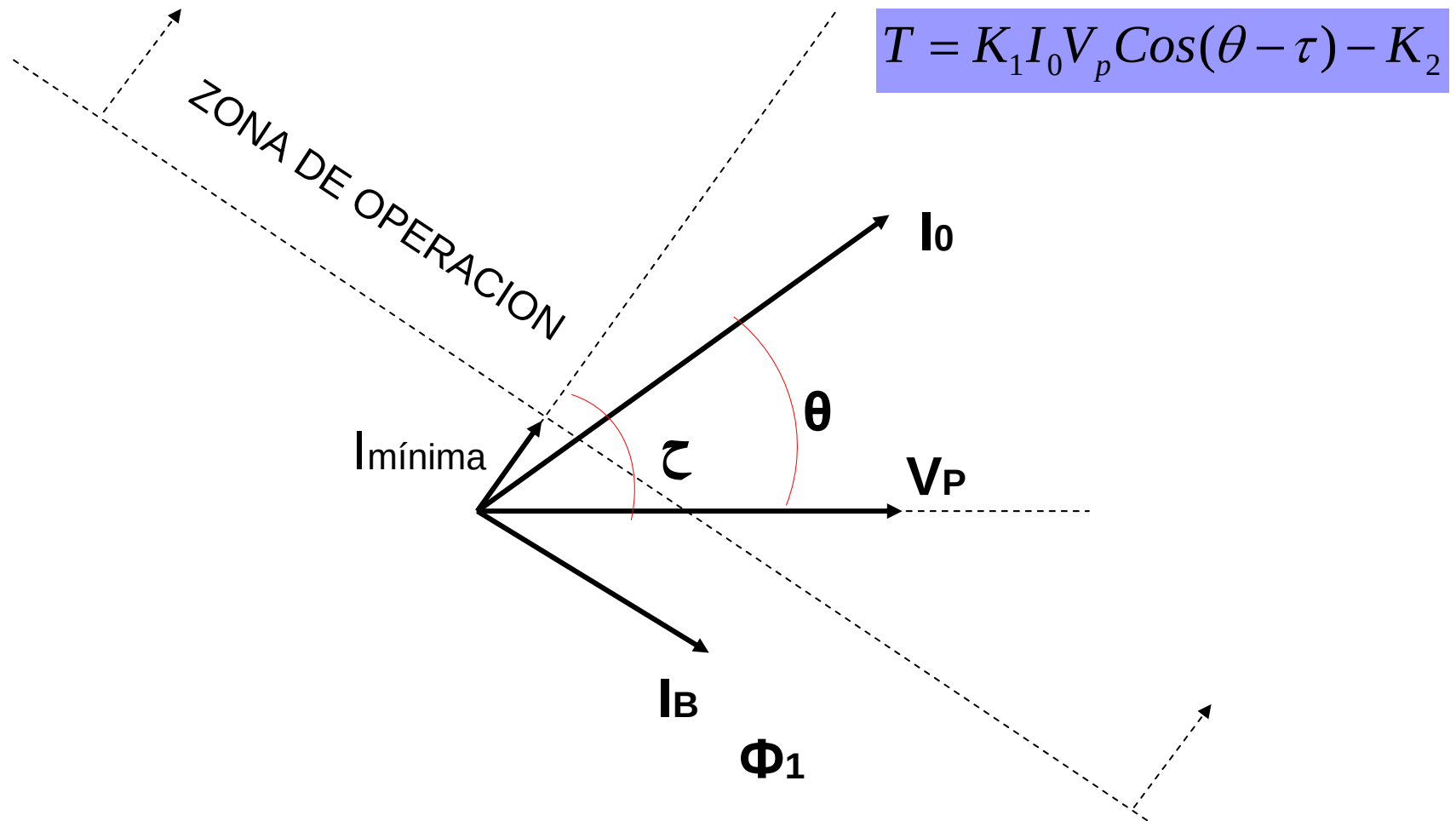


DIAGRAMA DE VECTORES RESUMIDO



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

- **Conexionado.**

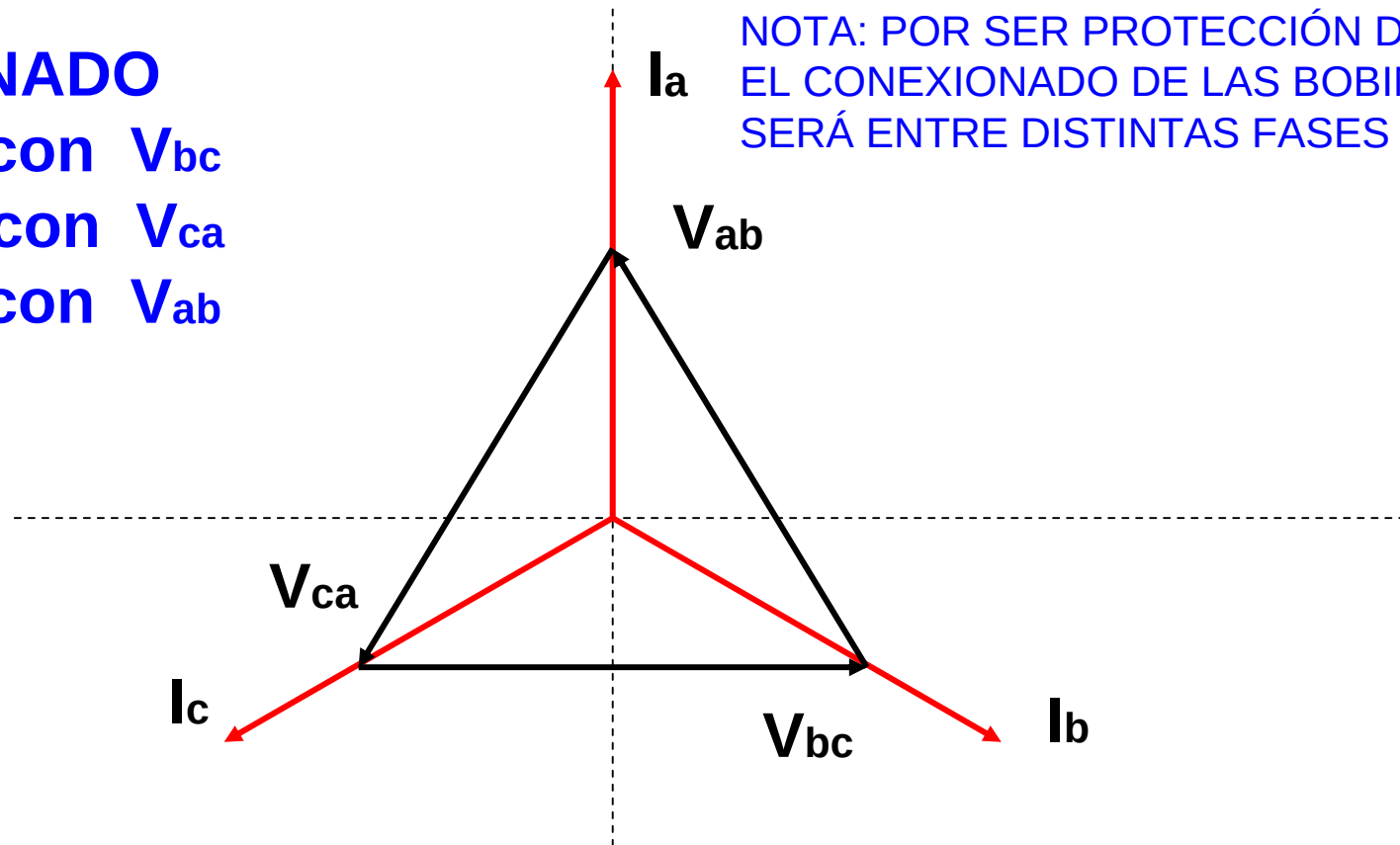
CONEXIONADO

Fase a: I_a con V_{bc}

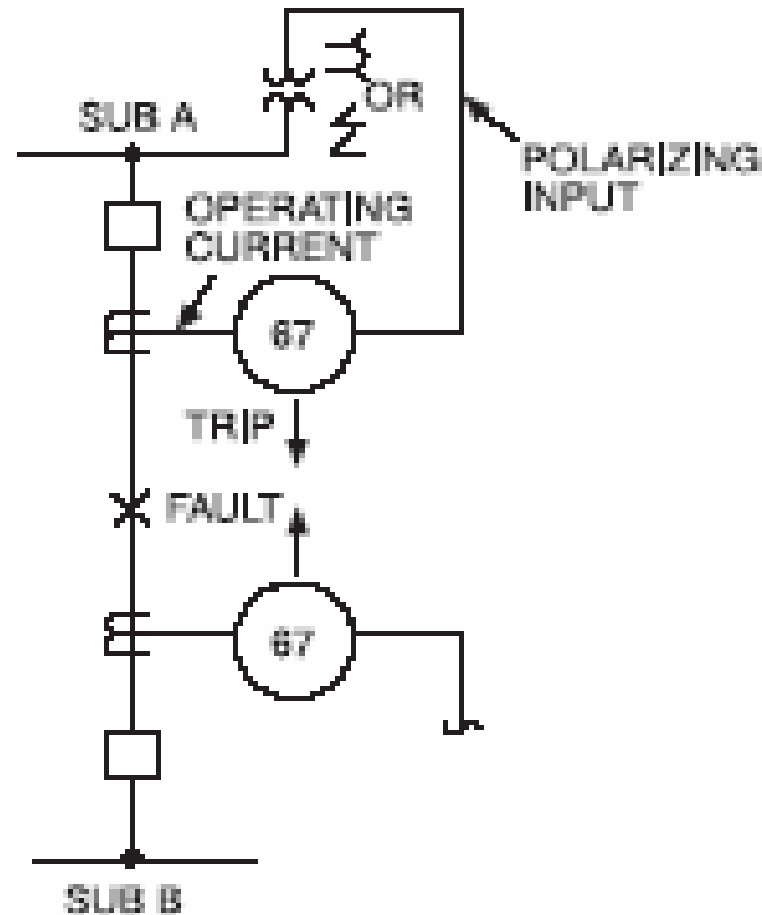
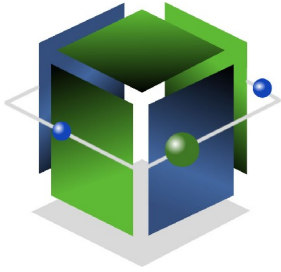
Fase b: I_b con V_{ca}

Fase c: I_c con V_{ab}

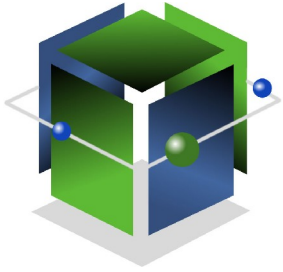
NOTA: POR SER PROTECCIÓN DE CC
EL CONEXIONADO DE LAS BOBINAS
SERÁ ENTRE DISTINTAS FASES



CONEXIONADO EN CUADRATURA

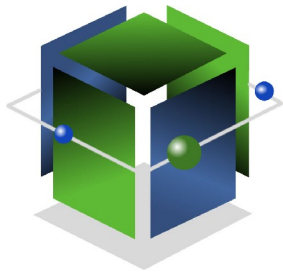


CONEXIONADO DE DOS RELES DIRECCIONALES



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELE DE POTENCIA INVERSA

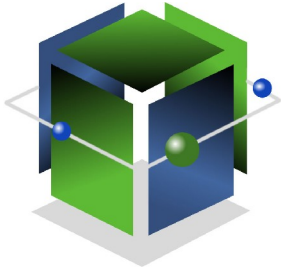


➤ DEFINICIÓN

Los reles de potencia inversa o reles direccionales de potencia **(32)**, son realmente medidores de potencia ($W = V \times I \times \cos.\theta$), de manera que ellos operan mejor cuando el factor de potencia es alto.

Se utilizan para determinar el sentido de flujo de potencia. Cuando ésta fluye en una dirección produce par positivo mientras que si lo hace en la dirección opuesta produce un par negativo.

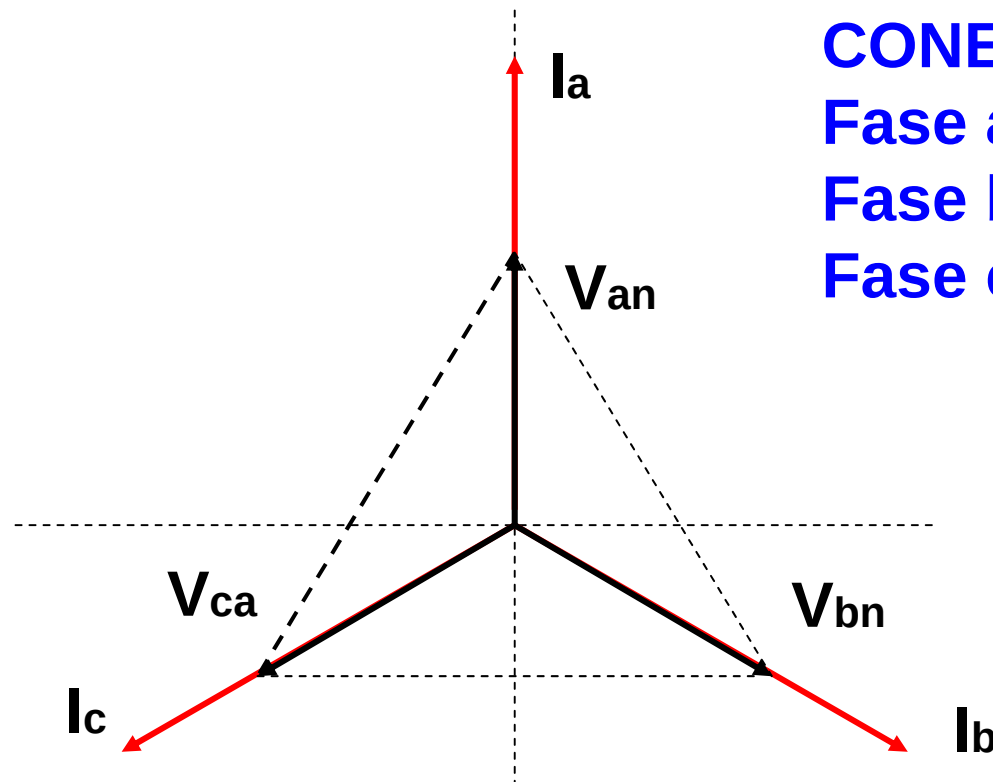
Estos reles no se utilizan para proteger sistemas contra corto circuitos, por lo que el voltaje de polarización puede ser tomado de cualquier fase.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE

- **Conexionado Típico.**



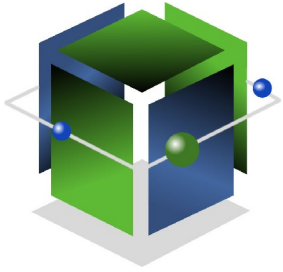
CONEXIONADO

Fase a: I_a con V_{an}

Fase b: I_b con V_{bn}

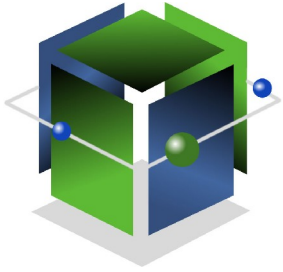
Fase c: I_c con V_{cn}

CONEXIONADO A CERO GRADO



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES

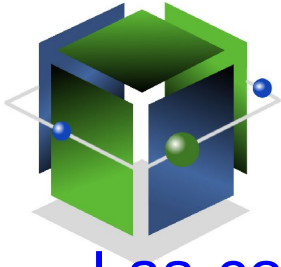


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

La protección de transformadores de potencia es un tema relativamente variado, debido a que el grado de protección depende principalmente de la potencia y el nivel de tensión. De esa manera, se encuentran diferencias importantes en los dispositivos de protección usados. Por otra parte, se puede considerar que los transformadores, por ser máquinas estáticas, tienen un número de fallas relativamente baja con relación a otros elementos o componentes del sistema.

Es frecuente también que la magnitud de las corrientes de falla interna sea baja en comparación con la corriente nominal, por lo que la protección requiere de una alta sensibilidad y rapidez de operación.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

Las condiciones anormales que se pueden presentar en un transformador se agrupan como:

- Fallas incipientes.
- Fallas eléctricas.

Las fallas incipientes en su etapa inicial no son serias, pero de no corregirse pueden dar a lugar a fallas mayores. Dentro de estas podemos mencionar:

- ✓ Fallas de aislamiento en los tornillos de sujeción del núcleo.
- ✓ Puntos calientes por conexiones de alta resistencia o defectos en la bobinas.
- ✓ Arcos eléctricos entre los devanados y el núcleo o

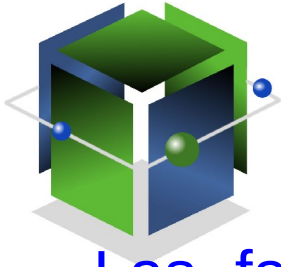


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

al tanque, debido a sobre tensiones por descargas atmosféricas.

✓ Fallas en sistema de enfriamiento, como puede ser el bajo nivel de aceite, o bien, obstrucción del flujo.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

Las fallas eléctricas son las más graves y notorias en cuanto sea el transformador de mayor capacidad. Dentro éstas categorías podemos mencionar:

- ✓ Fallas de aislamiento por sobre tensiones de origen atmosféricos o por maniobra de interruptores.
- ✓ Fallas en los contactos de los cambiadores de tomas, que producen puntos calientes o corto circuitos entre derivaciones.
- ✓ Fallas de aislamiento debido al envejecimiento natural o prematuro.
- ✓ Presencia de humedad o contaminación del aceite de aislamiento e enfriamiento.
- ✓ Corto circuitos exteriores que pueden producir movimiento en las bobinas y/o el núcleo.



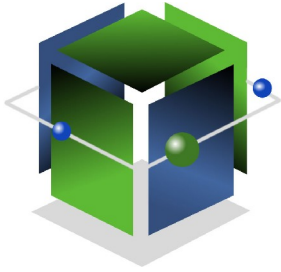
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

La mayoría de estas fallas surgen de las condiciones abusivas causadas por:

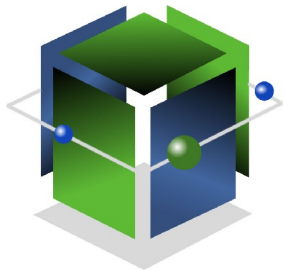
- ✓ Sobre carga continua.
- ✓ Corto circuitos en el sistema.
- ✓ Fallas a tierra.
- ✓ Sobre voltaje.
- ✓ Excesivo armónicos en el sistema.

Estas originan incremento de temperatura en los distintos componentes del transformador. Si la temperatura final está por encima del límite del diseño, se presenta daños en el aislamiento disminuyendo la vida del transformador.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

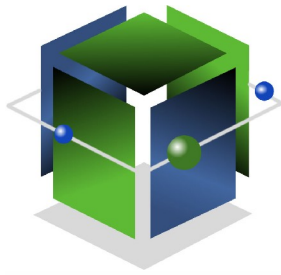


➤ TRANSFORMADORES DE BT Y DISTRIBUCIÓN MT.

- **Protección de Sobre corriente.**

Para seleccionar la protección de sobre corriente en este tipo de transformadores, recomendando el uso del capítulo 450.3 del Código Eléctrico Nacional.

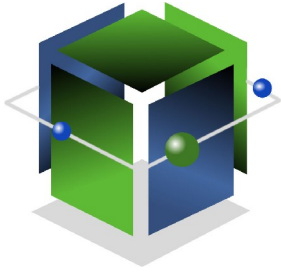
En el mismo se recomienda el uso de las tablas 450.3 A y 450.3 B para transformadores de potencia, y la tabla 450.3 C para los transformadores de voltaje (PT).



PROTECCION DE TRANSFORMADORES

Table 450.3(A) Maximum Rating or Setting of Overcurrent Protection for Transformers Over 600 Volts (as a Percentage of Transformer-Rated Current)

Location Limitations	Transformer Rated Impedance	Secondary Protection (See Note 2.)				
		Primary Protection Over 600 Volts		Over 600 Volts		600 Volts or Below
		Circuit Breaker (See Note 4.)	Fuse Rating	Circuit Breaker (See Note 4.)	Fuse Rating	Circuit Breaker or Fuse Rating
Any location	Not more than 6%	600% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	125% (See Note 1.)
	More than 6% and not more than 10%	400% (See Note 1.)	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	225% (See Note 1.)	125% (See Note 1.)
Supervised locations only (See Note 3.)	Any	300% (See Note 1.)	250% (See Note 1.)	Not required	Not required	Not required
	Not more than 6%	600%	300%	300% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)
	More than 6% and not more than 10%	400%	300%	250% (See Note 5.)	225% (See Note 5.)	250% (See Note 5.)



Notes:

1. Where the required fuse rating or circuit breaker setting does not correspond to a standard rating or setting, a higher rating or setting that does not exceed the next higher standard rating or setting shall be permitted.
2. Where secondary overcurrent protection is required, the secondary overcurrent device shall be permitted to consist of not more than six circuit breakers or six sets of fuses grouped in one location. Where multiple overcurrent devices are utilized, the total of all the device ratings shall not exceed the allowed value of a single overcurrent device. If both circuit breakers and fuses are used as the overcurrent device, the total of the device ratings shall not exceed that allowed for fuses.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

3. A supervised location is a location where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons monitor and service the transformer installation.
4. Electronically actuated fuses that may be set to open at a specific current shall be set in accordance with settings for circuit breakers.
5. A transformer equipped with a coordinated thermal overload protection by the manufacturer shall be permitted to have separate secondary protection omitted.

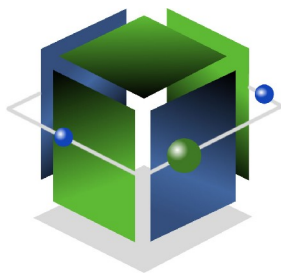
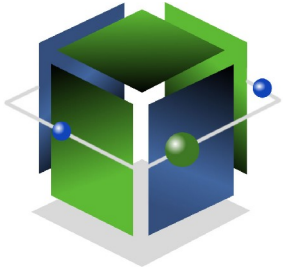


Table 450.3(B) Maximum Rating or Setting of Overcurrent Protection for Transformers
600 Volts and Less (as a Percentage of Transformer-Rated Current)

Protection Method	Primary Protection			Secondary Protection (See Note 2.)	
	Currents of 9 Amperes or More	Currents Less Than 9 Amperes	Currents Less Than 2 Amperes	Currents of 9 Amperes or More	Currents Less Than 9 Amperes
Primary only protection	125% (See Note 1.)	167%	300%	Not required	Not required
Primary and secondary protection	250% (See Note 3.)	250% (See Note 3.)	250% (See Note 3.)	125% (See Note 1.)	167%



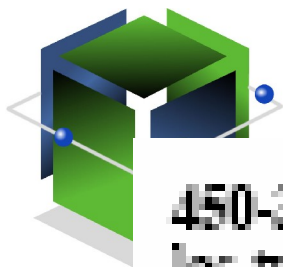
Notes:

1. Where 125 percent of this current does not correspond to a standard rating of a fuse or nonadjustable circuit breaker, a higher rating that does not exceed the next higher standard rating shall be permitted.
2. Where secondary overcurrent protection is required, the secondary overcurrent device shall be permitted to consist of not more than six circuit breakers or six sets of fuses grouped in one location. Where multiple overcurrent devices are utilized, the total of all the device ratings shall not exceed the allowed value of a single overcurrent device. If both breakers and fuses are utilized as the overcurrent device, the total of the device ratings shall not exceed that allowed for fuses.

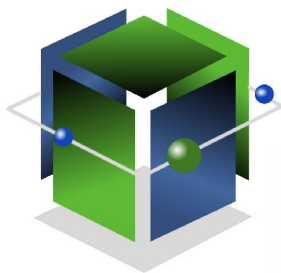


3. A transformer equipped with coordinated thermal overload protection by the manufacturer and arranged to interrupt the primary current shall be permitted to have primary overcurrent protection rated or set at a current value that is not more than six times the rated current of the transformer for transformers having not more than 6 percent impedance and not more than four times the rated current of the transformer for transformers having more than 6 percent but not more than 10 percent impedance.

Nota: Estas tablas se utilizan en transformadores individuales monofásicos o polifásicos en bancos de transformadores trifásicos.



450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección de los transformadores contra sobrecorriente debe cumplir con los siguientes apartados (a), (b) o (c). Se permite que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del secundario consista en no más de seis interruptores automáticos o seis juegos de fusibles situados en el mismo lugar. Cuando se utilicen varios dispositivos de protección contra sobrecorriente, la suma de las capacidades nominales de todos los dispositivos no debe exceder la capacidad permitida para un dispositivo que protege el secundario del transformador. Si se utilizan fusibles e interruptores automáticos como protección contra sobrecorriente, la capacidad total de los dispositivos de protección del secundario no debe exceder la capacidad permitida para los fusibles. Tal como se utiliza en esta Sección, la palabra "transformador" significa un transformador polifásico o un grupo de dos o más transformadores monofásicos que funcionan como una unidad.



(a) Transformadores de más de 600 Volt nominales.

(1) **Primario y secundario.** Todos los transformadores de más de 600 Volt nominales deben tener dispositivos de protección en el primario y en el secundario de capacidad nominal o de disparo que abran a un valor no mayor al de la corriente nominal del transformador, tal como establece la Tabla 450-3(a)(1). Los fusibles electrónicos que se pueden ajustar para que se abran a una corriente dada, deben ajustarse según los valores nominales de los interruptores automáticos.

Excepción N°. 1: Cuando la capacidad nominal de un fusible o interruptor automático no corresponda con los valores normalizados, se permite aplicar el valor inmediatamente superior.

Excepción N°. 2: Lo que establece el siguiente Artículo 450-3(a)(2).

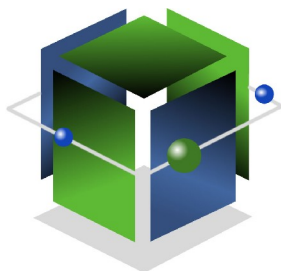
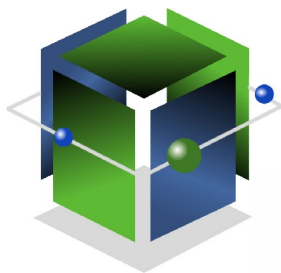


Tabla 450-3(a)(1).- Transformadores de más de 600 Volt

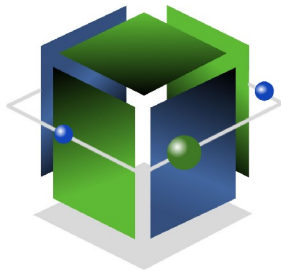
Capacidad máxima o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	Más de 600 Volt		De más de 600 Volt		Hasta 600 Volt
	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
Hasta el 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y hasta el 10%	400%	300%	250%	225%	125%



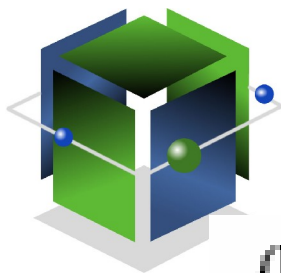
(2) **Instalaciones supervisadas.** Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que las instalaciones de transformadores son supervisadas a través de monitores y atendidas por personas calificadas, se permite instalar dispositivos de protección contra sobrecorriente como se establece en el siguiente apartado a:

a. **Primario.** Todos los transformadores de más de 600 Volt nominales deben ir protegidos con un dispositivo individual de protección contra sobrecorriente en el primario.

Cuando se utilicen fusibles, la capacidad continua de corriente no debe exceder el 250% de la corriente nominal del primario del transformador. Cuando se utilicen interruptores automáticos o fusibles electrónicos, se deben ajustar a no más del 300% de la corriente nominal del primario del transformador.



b. **Primario y secundario.** Cuando un transformador de más de 600 Volt nominales tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente en el secundario de valor nominal o este ajustado para que abra a valores no superiores a los de la Tabla 450-3(a)(2) o un transformador equipado con un dispositivo de protección térmica y contra sobrecargas instalado por el fabricante, no se requiere que tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente conectado al primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del circuito de suministro al primario tenga una corriente nominal o esté programado para que se abra a valores no superiores a los de la Tabla 450-3(a)(2).



(b) Transformadores de 600 Volt nominales o menos. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los transformadores de 600 Volt nominales o menos deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (1) o (2).

(1) Primario. Todos los transformadores de 600 Volt nominales o menos deben ir protegidos por un dispositivo individual de protección contra sobrecorriente en el primario, de valor nominal o ajustado que no exceda el 125% de la corriente nominal del primario del transformador.

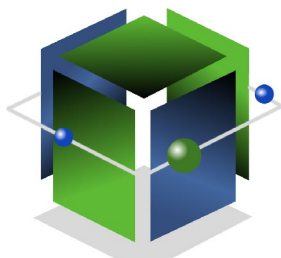
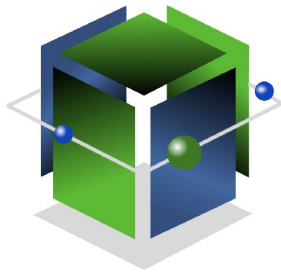


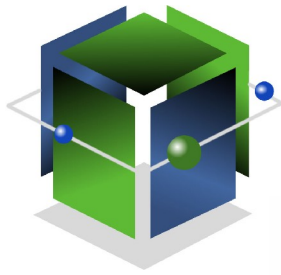
Tabla 450-3(a)(2) b.- Transformadores de más de 600 Volt en lugares supervisados

Capacidad máxima o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 Volt		De más de 600 Volt		Hasta 600 Volt
	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
Hasta el 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más del 6% y hasta el 10%	400%	300%	250%	225%	250%



(2) **Primario y secundario.** Cuando un transformador de 600 Volt nominales o menos tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente en el secundario de valor nominal o de ajuste para que abra a valores que no exceda al 125% de la corriente nominal del secundario, no se requiere un dispositivo de protección contra sobrecorriente conectado al primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario tenga una corriente nominal o de ajuste para que abra a valores que no excedan al 250% la corriente nominal del primario.

Cuando un transformador de 600 Volt nominales o menos, equipado con protección térmica y de sobrecarga instalada por el fabricante y dispuesta de modo que interrumpa la corriente del primario, no es necesario que tenga un dispositivo individual de protección contra sobrecarga en el primario, si el dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador primario tiene una capacidad nominal o de ajuste no mayor a seis veces la corriente nominal del transformador, para transformadores con una

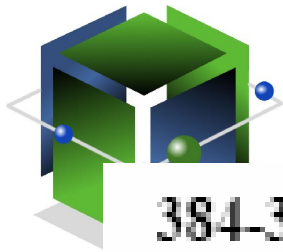


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

impedancia no mayor al 6%, y no mayor a cuatro veces la corriente nominal del transformador para transformadores con una impedancia superior al 6% pero no mayor al 10%.

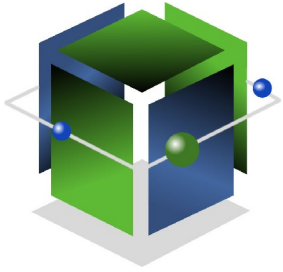
(c) Transformadores de potencial (tensión). Los transformadores de potencial (tensión) instalados en interiores o encerrados, deben estar protegidos con fusibles en el primario.



384-32. Protección de los circuitos de instrumentos. Los instrumentos, luces piloto, transformadores y otros dispositivos de los gabinetes de distribución que puedan tener bobinados, estarán alimentados por un circuito protegido por dispositivos estándar de sobrecorriente con capacidad de 15 Ampere o menos.

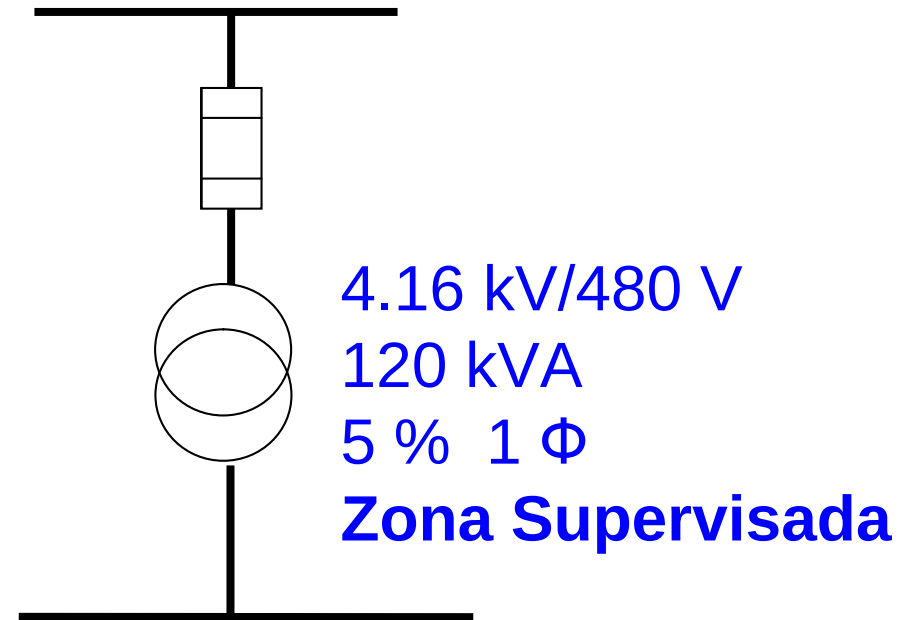
Excepción N°. 1: Se permite instalar dispositivos de sobrecorriente de más de 15 Ampere cuando la interrupción del circuito pudiera crear riesgos. En ese caso se debe instalar protección contra cortocircuitos solamente.

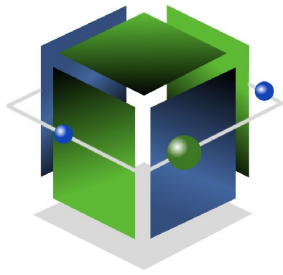
Excepción N°. 2: Para capacidades de 2 Ampere o menos se permiten tipos especiales de fusibles cerrados.



- **Ejemplo1**

- a) Si se usa fusible determinar el tamaño.
- b) Si en vez de ser fusible es un interruptor determinar el tamaño.





- **Solución Ejemplo 1**

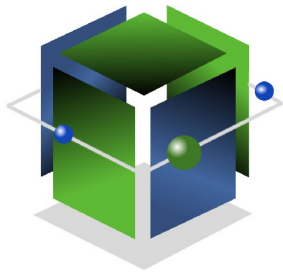
$$I = \frac{120kVA}{4.16kV} = 29A$$

Protección con fusibles:

Según fila 3 de la tabla 450.3 A, se indica que para fusibles usar como máximo 250% de la corriente nominal ($29 A \times 2.5 = 72.5 A$). Se puede seleccionar un fusible de **80 amperios**.

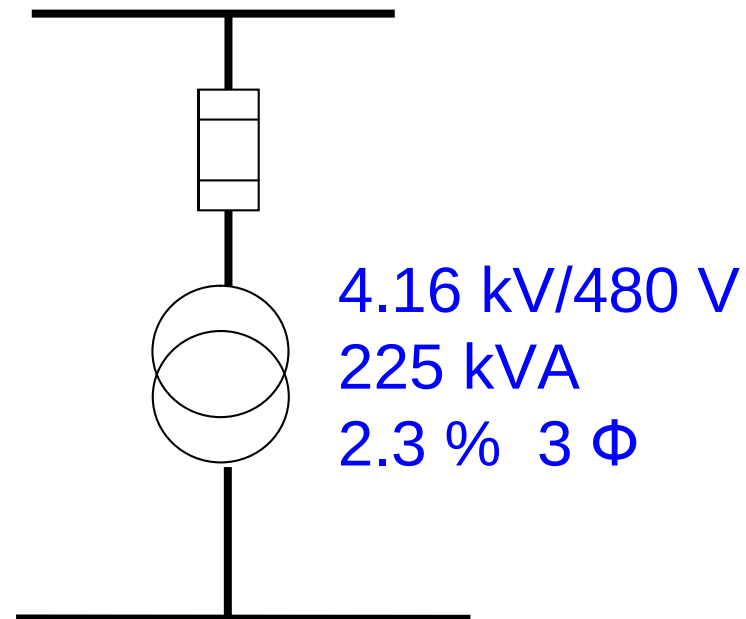
Protección con interruptor:

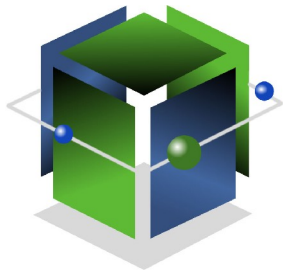
Entrando en la misma fila de dicha tabla, pero utilizando interruptor, se muestra que el máximo será 300% ($29 A \times 3 = 87 A$). Se puede usar un interruptor de **90 A**.



• Ejemplo 2

- a) Determinar el tamaño del fusible para proteger al primario.
- b) Si se usa interruptor termomagnético para el secundario ¿Qué tamaño se seleccionaría?
- c) Determinar la capacidad de interrupción simétrica que debe tener el fusible en el primario.





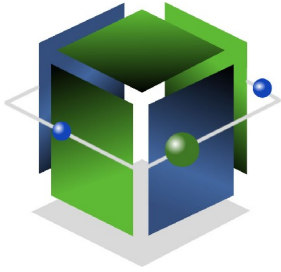
- **Solución Ejemplo 2**

$$I_p = \frac{225kVA}{\sqrt{3} * 4.16kV} = 31A$$

Como en el primario se utilizará fusible el mismo tendrá un máximo del 300% de la corriente nominal según tabla 450.3 A (**31 A x 3 = 93 A**). Para este caso se puede seleccionar el de 90 A.

$$I_s = \frac{225kVA}{\sqrt{3} * 0.480kV} = 271A$$

Por ser el secundario menor a 600V la protección con interruptor o fusible será del 125 % según la misma tabla. (271 A x 1.25 = 339 A. Se puede seleccionar uno 350 A)

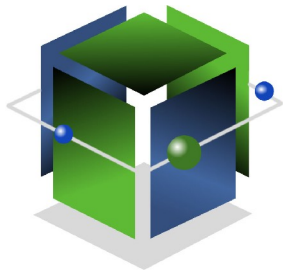


Recordando las fórmulas de CC por el método de MVA tenemos:

$$MVA_{cc.transf.} = \frac{MVA}{Z_{pu.transf.}} \quad I_{cc} = \frac{MVA}{\sqrt{3}kV} = kA$$

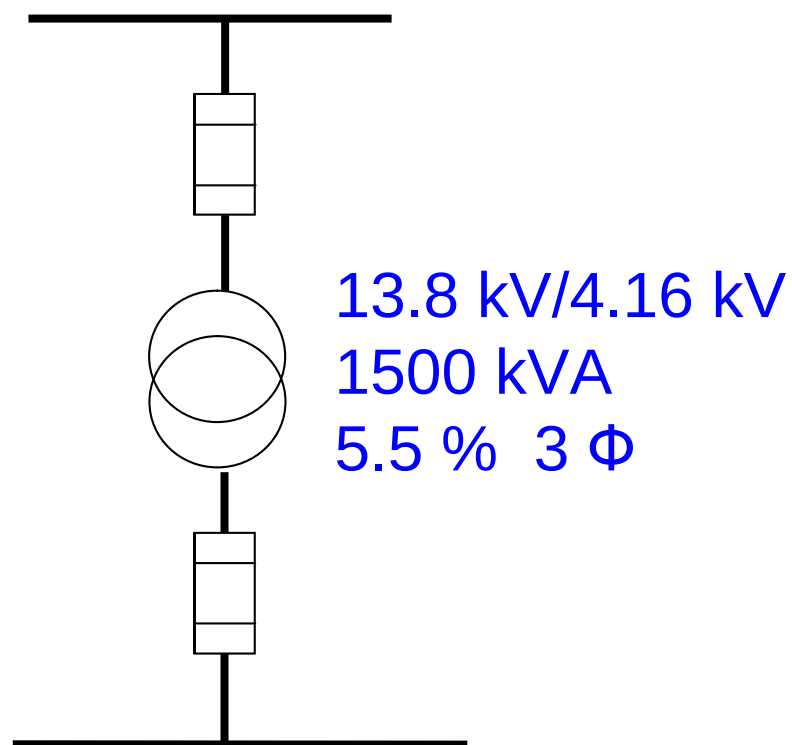
$$MVA_{cctransf.} = \frac{0.225}{0.023} = 9.78MVA$$

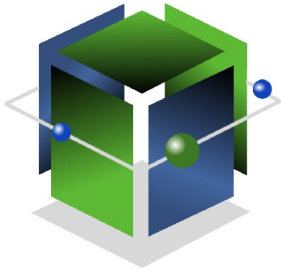
$$I_{cc} = \frac{9.78}{\sqrt{3} * 4.16} = 1.358kA = 1358A$$



• Ejercicio 1

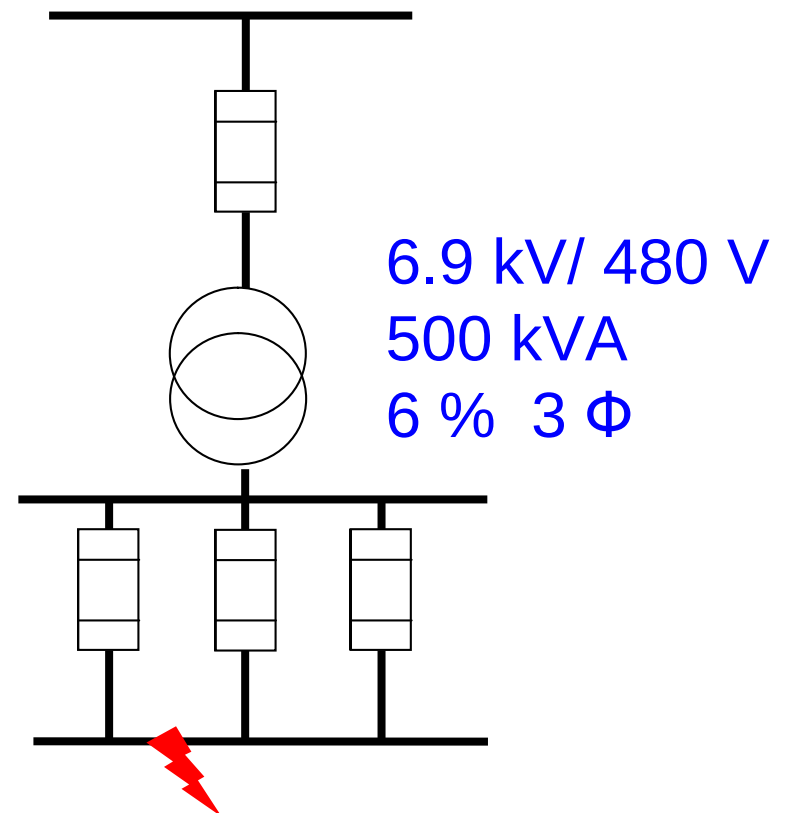
Determinar el tamaño máximo de los fusibles del primario y secundario del transformador mostrado en el dibujo. Adicionalmente determinar la corriente de interrupción simétrica que debe soportar el fusible primario

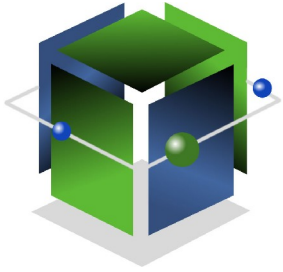




• Ejercicio 2

Determinar el tamaño máximo de los fusibles del primario y los del secundario del transformador mostrado en el dibujo. Adicionalmente determinar la corriente de interrupción simétrica que deben soportar los fusible del secundario, si la falla ocurre después de los fusible del secundario.





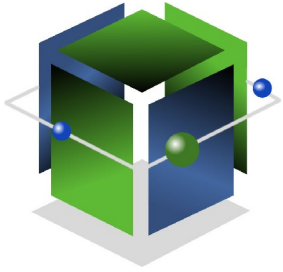
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

- **Dispositivos para Prevención y Detección de Fallas.**

Existen dispositivos destinados a detectar condiciones inseguras antes de que se conviertan en críticas. Estos equipos, que son intrínsecos al transformador y usados normalmente en transformadores de distribución, son los siguientes:

- ✓ Indicador de nivel de aceite.
- ✓ Indicador de temperatura de aceite.



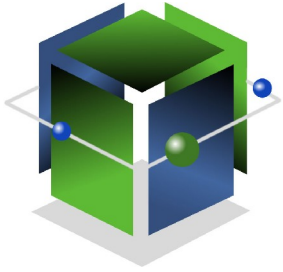
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓ Indicador de nivel de aceite.

El indicador de nivel es utilizado normalmente como un control visual, aunque este puede convertirse en un dispositivo de protección si se le adicionan contactos de alarma por alto y bajo nivel.

El nivel bajo de aceite, es la condición de mayor preocupación ya que significa una fuga del líquido, desarrollada después de la instalación.

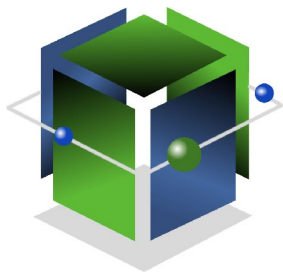


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

El transformador operando con un nivel muy bajo de aceite podrá fallar debido a que las distancias de seguridad consideradas en el diseño no serían respetadas, esta condición podría producir arcos eléctricos entre el tanque y bobinas y/o sobre calentamiento.

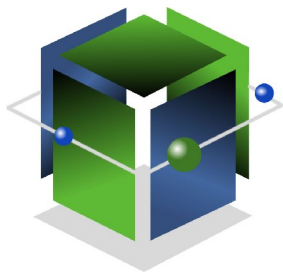
Adicionalmente, un nivel alto de aceite podría significar sobre presiones en el tanque que no pueda soportar en condiciones de sobre carga.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

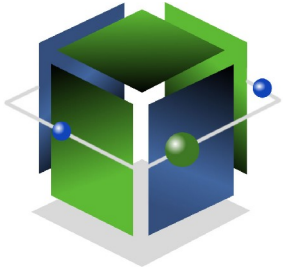
PROTECCION DE TRANSFORMADORES





TEMPERATURA PROMEDIO DEL LÍQUIDO °C	NIVEL DE LLENADO % SOBRE O POR DEBAJO DE LA ESCALA DE NIVEL A 25° C
85	100
70	75
55	50
40	25
25 *	0
10	-33
-5	-67
-20	-100

*** TEMPERATURA DE LLENADO EN FÁBRICA**



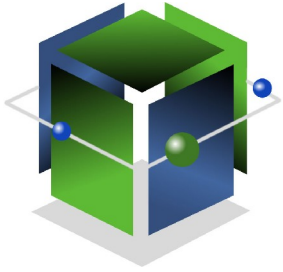
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓ Indicador temperatura de aceite.

Este dispositivo da una indicación de la temperatura del líquido aislante refrigerante en la parte superior, por lo cual no puede considerarse como un elemento de falla, debido a que los devanados están expuestos a temperaturas superiores a las monitoreadas por este indicador. Esta diferencia es directamente proporcional a la carga manejada debido a que la constante de tiempo del aceite es mucho mayor que la de los devanados.

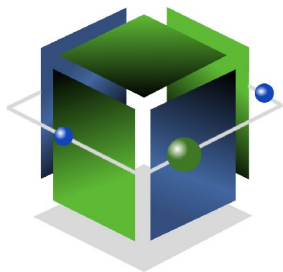
Por lo tanto las lecturas del termómetro serán conservadoras.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

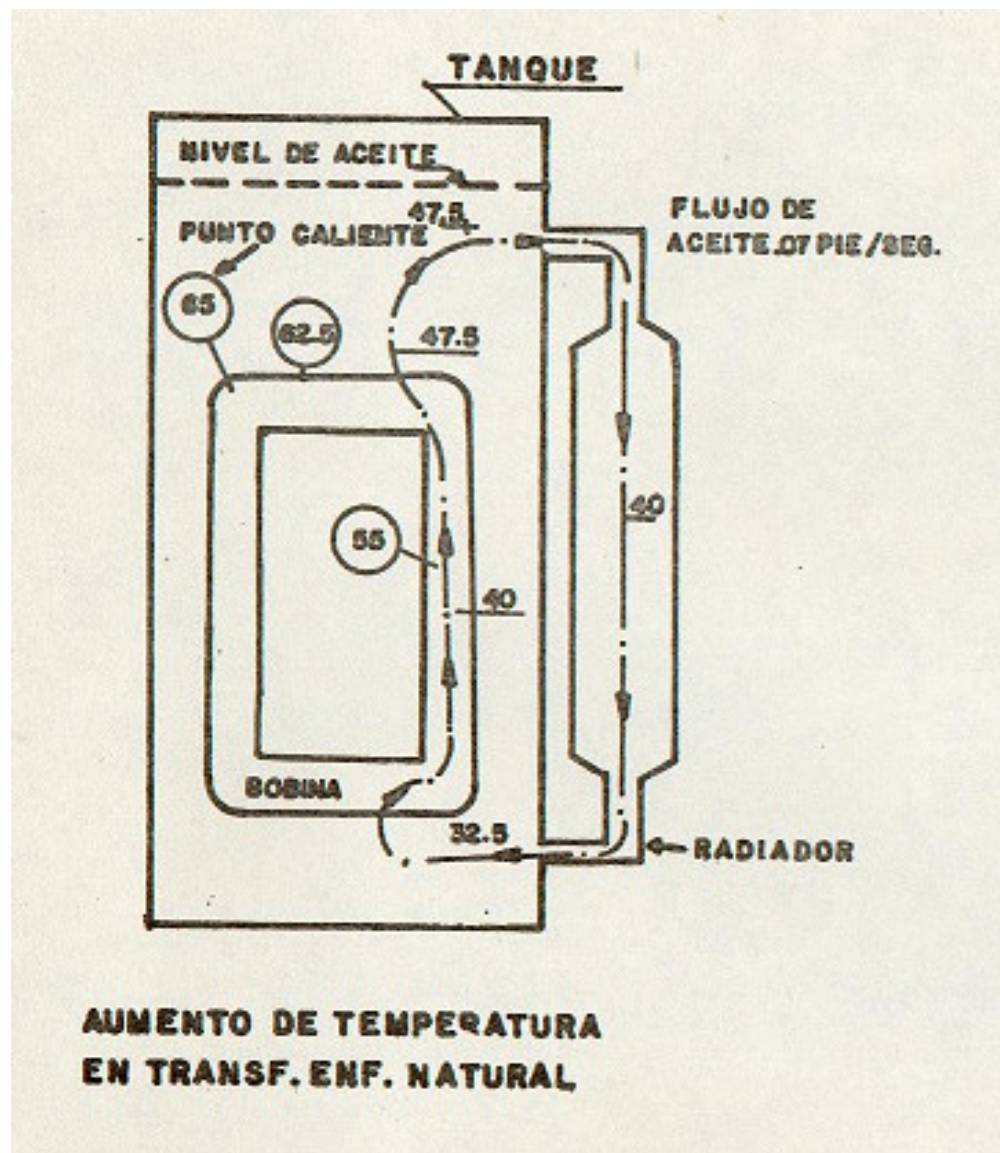
PROTECCION DE TRANSFORMADORES

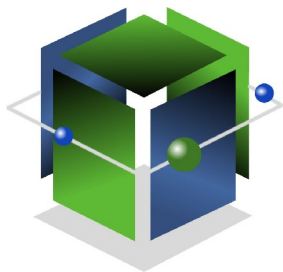
El indicador de temperatura normalmente forma parte de los accesorios estándar del transformador, el mismo es equipado con un indicador de temperatura máxima que es ajustado en cada visita de inspección. Con estos registros se puede analizar el comportamiento del transformador y determinar las condiciones de funcionamiento.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

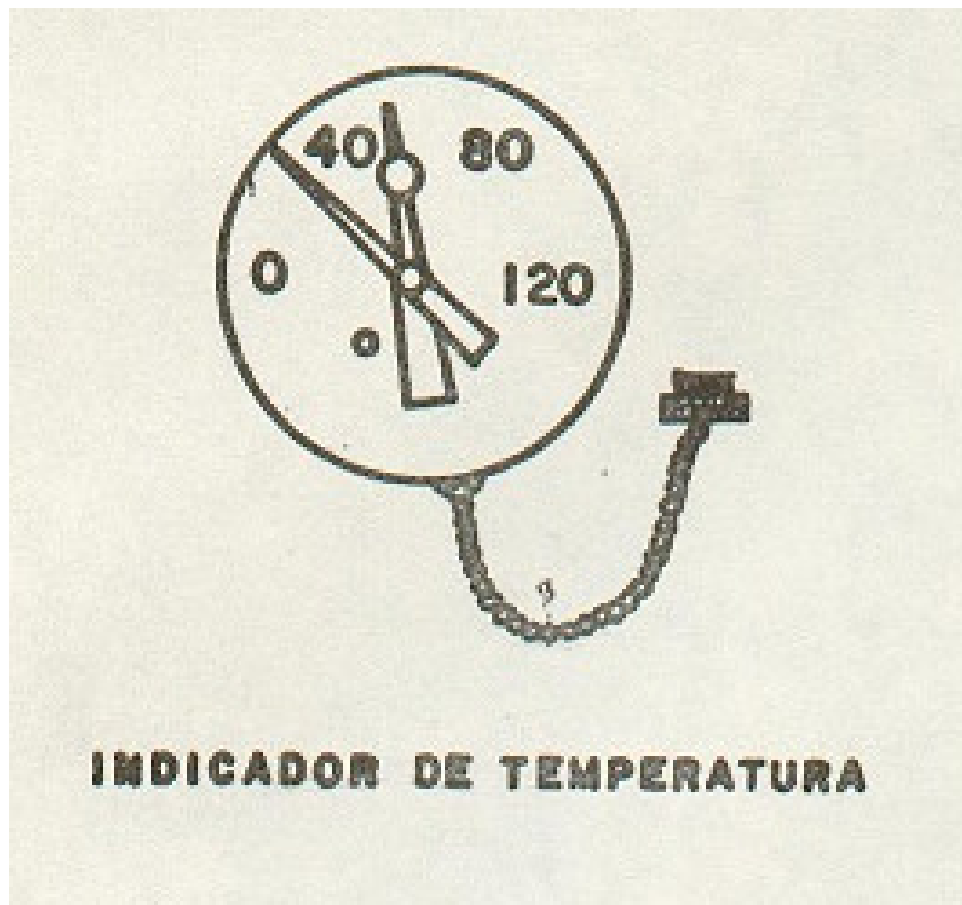
PROTECCION DE TRANSFORMADORES

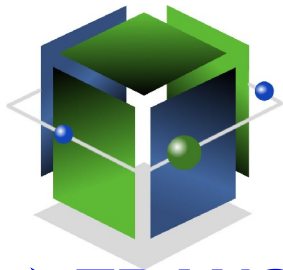




SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES



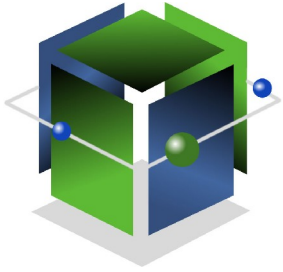


➤ TRANSFORMADORES DE MT Y POTENCIA PARA SE.

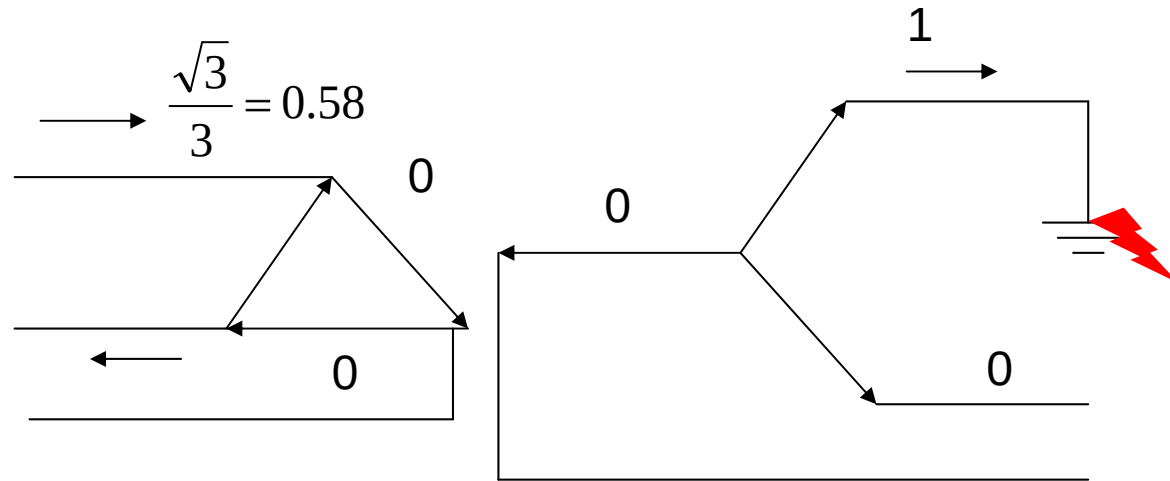
- Protección de Sobre Corriente.

La protecciones de sobre corriente tales como fusibles y relés, tienen muy bien definidas sus características de operación en donde relacionan los valores de corriente de fallas con el tiempo de operación. Estas curvas características deben coordinar con las curvas de daños o curvas de corriente permitidas aplicable a los transformadores de potencia, las cuales reflejan la capacidad de máxima corriente de aguante del transformador.

La IEEE Std. C57.12.00 20 las clasifica como curvas para categoría I, categoría II, Categoría III y categoría IV para transformadores inmersos en aceite.



Estos valores de las curvas de daños están basadas en las fallas trifásicas en el secundario y pueden ser usadas directamente para los conexiones delta - delta y estrella - estrella. Para el conexionado delta - estrella los valores de corriente se reducirán al 58% mostrados en las curvas. Esto es para proveer una protección apropiada en el secundario para las fallas de fase a tierra.



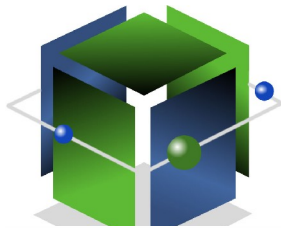


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

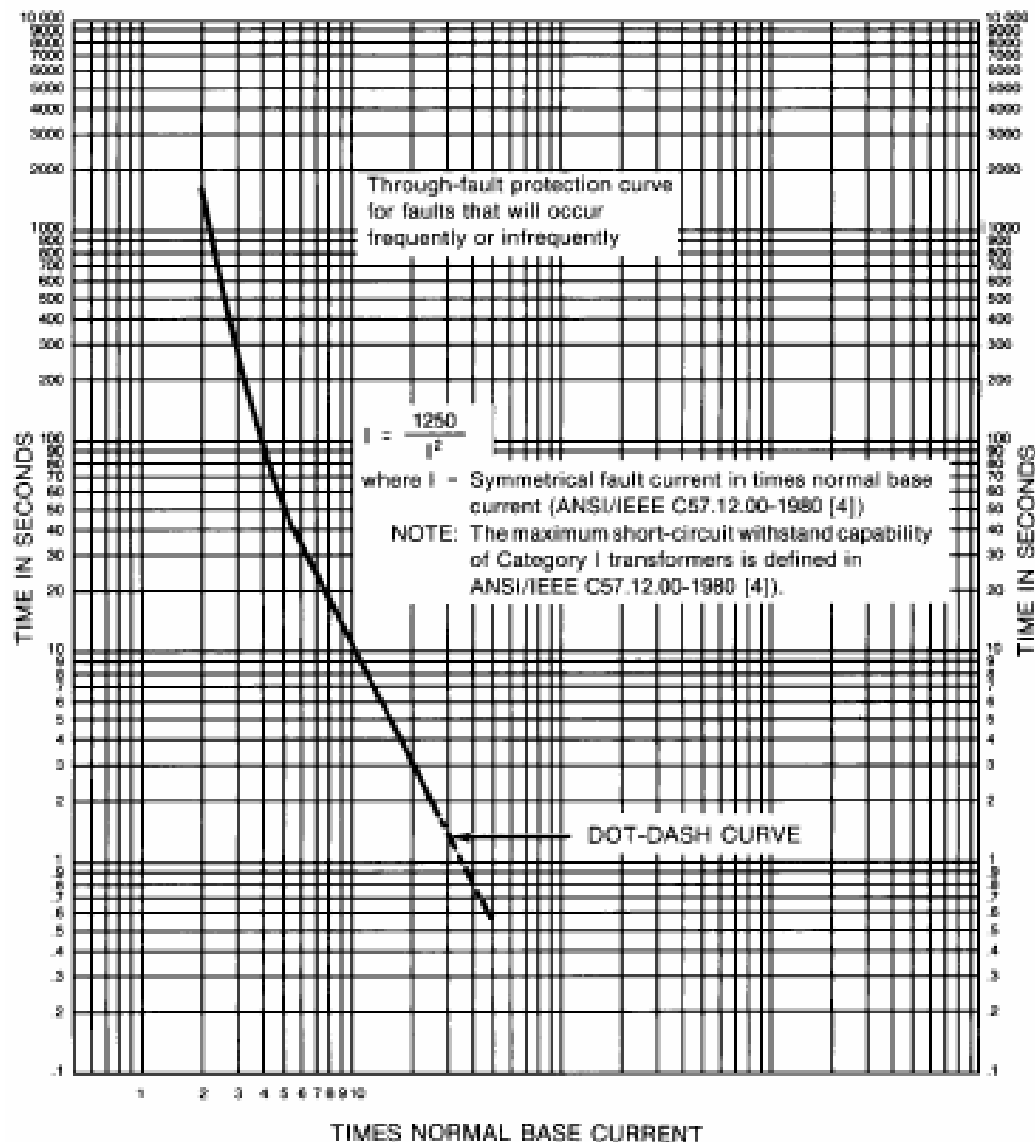
El incremento de la temperatura originado por esta corriente de curva daño es típicamente aceptable, pero los efectos mecánicos son intolerables si se permite que estos valores sean alcanzables regularmente.

Estos efectos son acumulativos, particularmente el ajuste del arrollamiento y desplazamiento del núcleo.

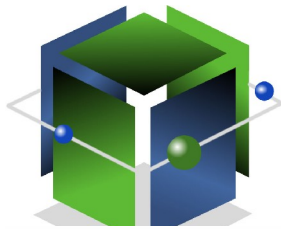


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

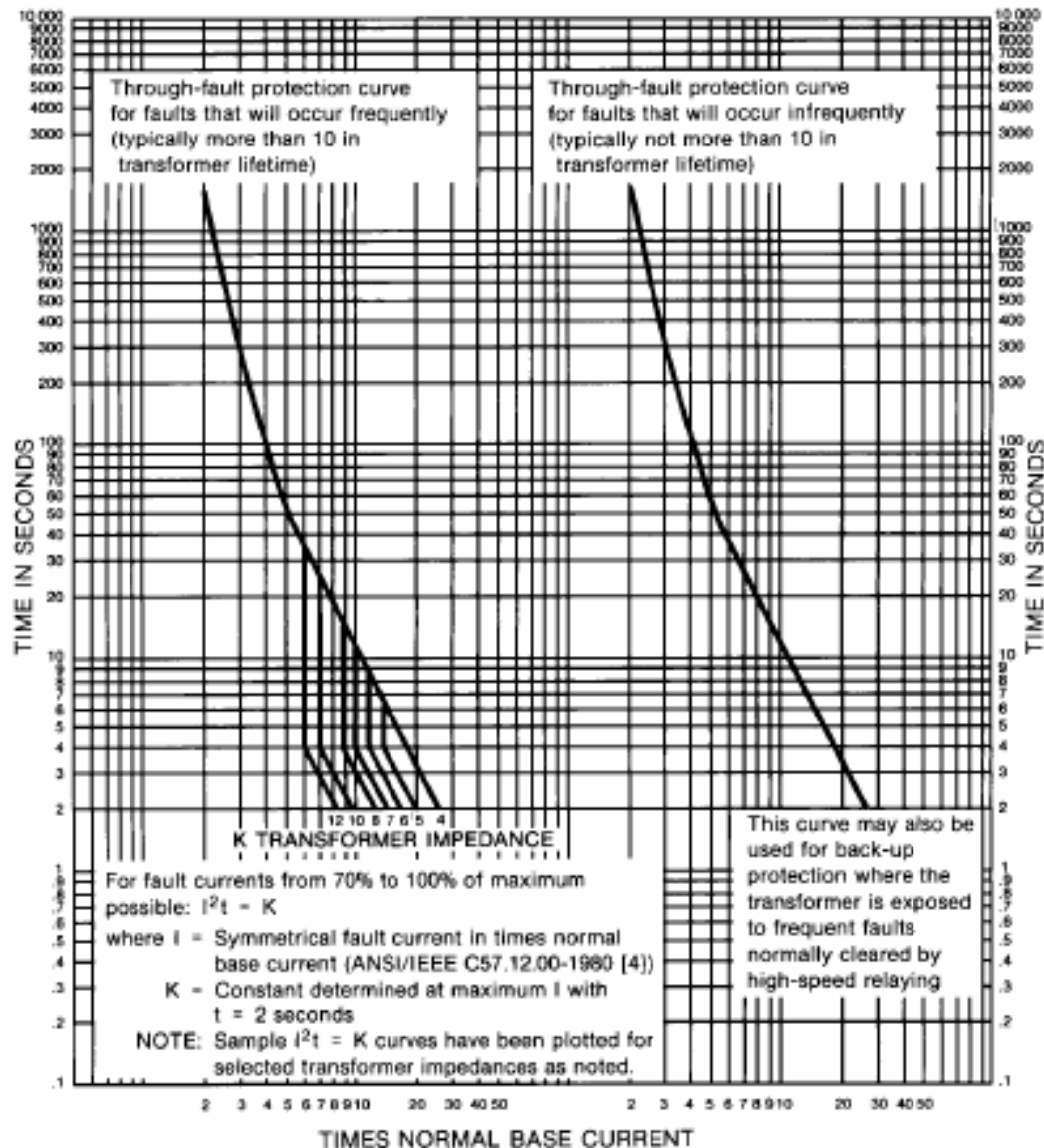


**CURVA DE DAÑO CATEGORÍA 1
5 - 500 KVA 1 Φ Y 15 – 500 KVA 3 Φ**

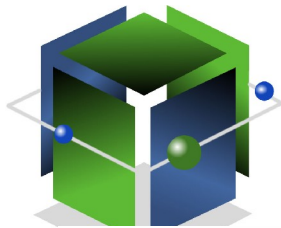


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

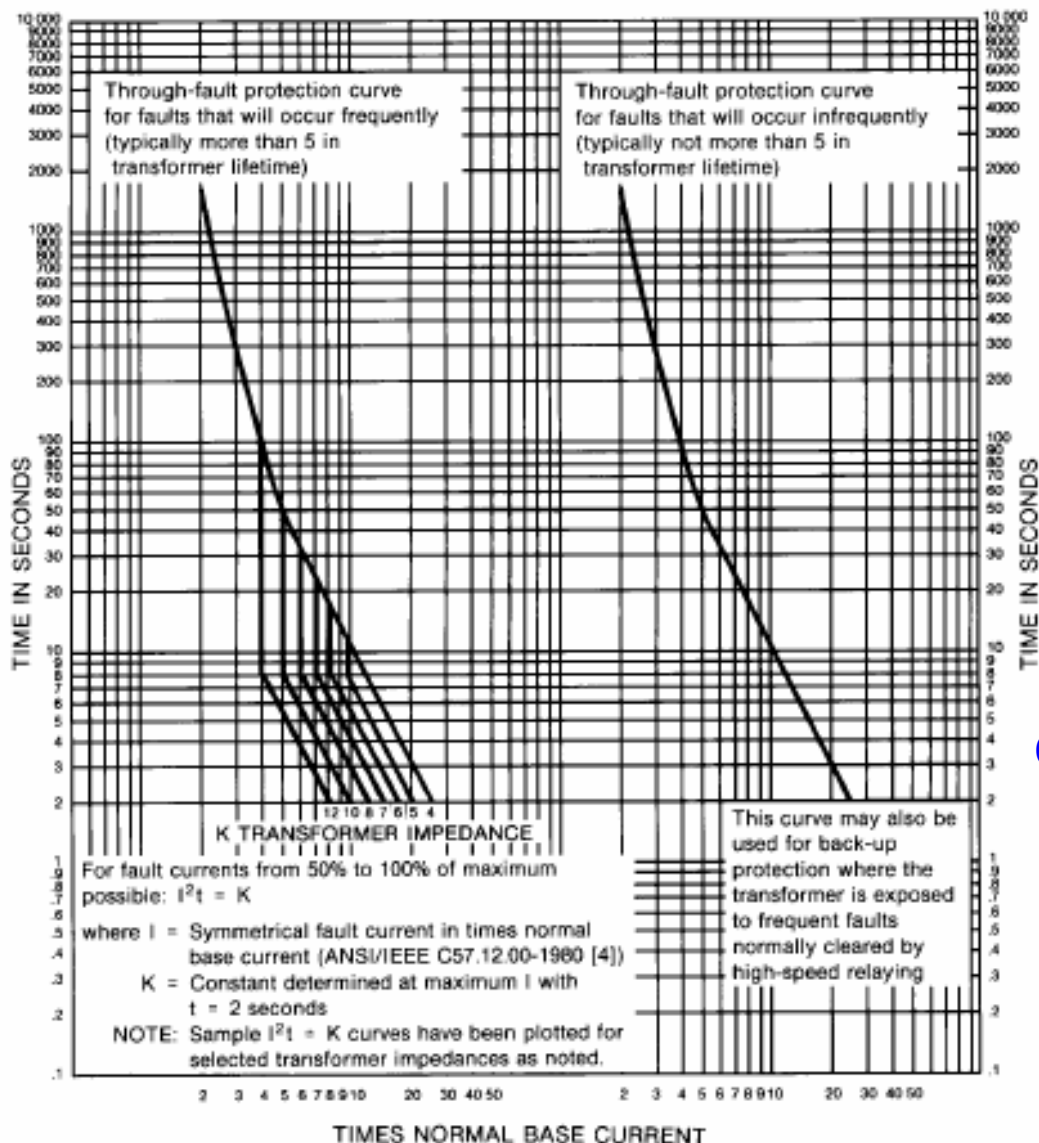


CURVA DE DAÑO CATEGORÍA II
501 - 1667 KVA 1 Φ
501 – 5000 KVA 3 Φ

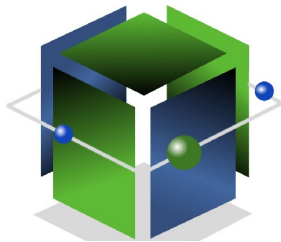


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

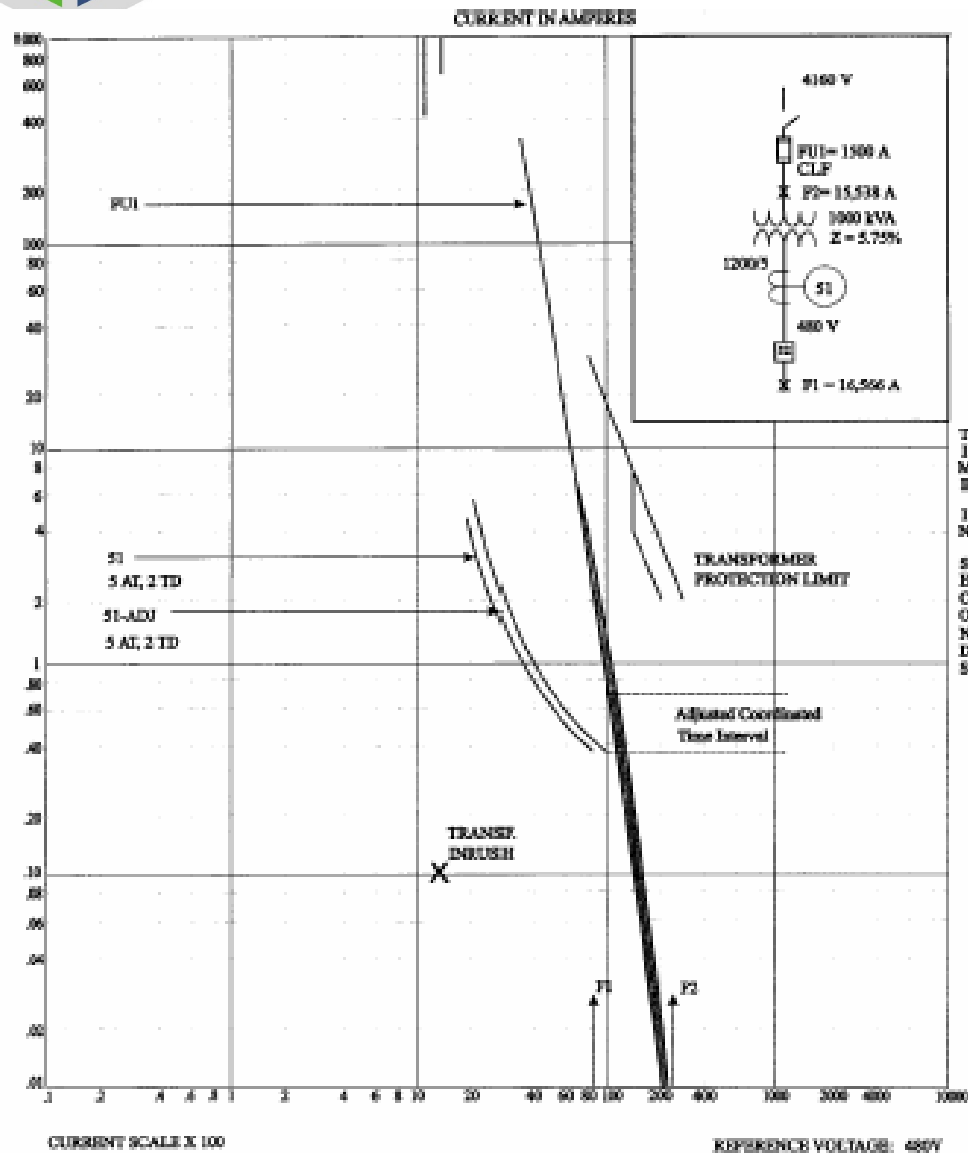


CURVA DE DAÑO CATEGORÍA III
1668 - 10000 KVA 1 Φ
5001 – 30000 KVA 3 Φ

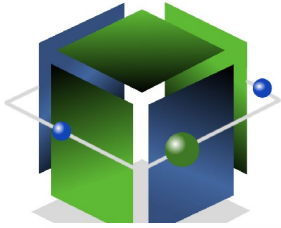


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

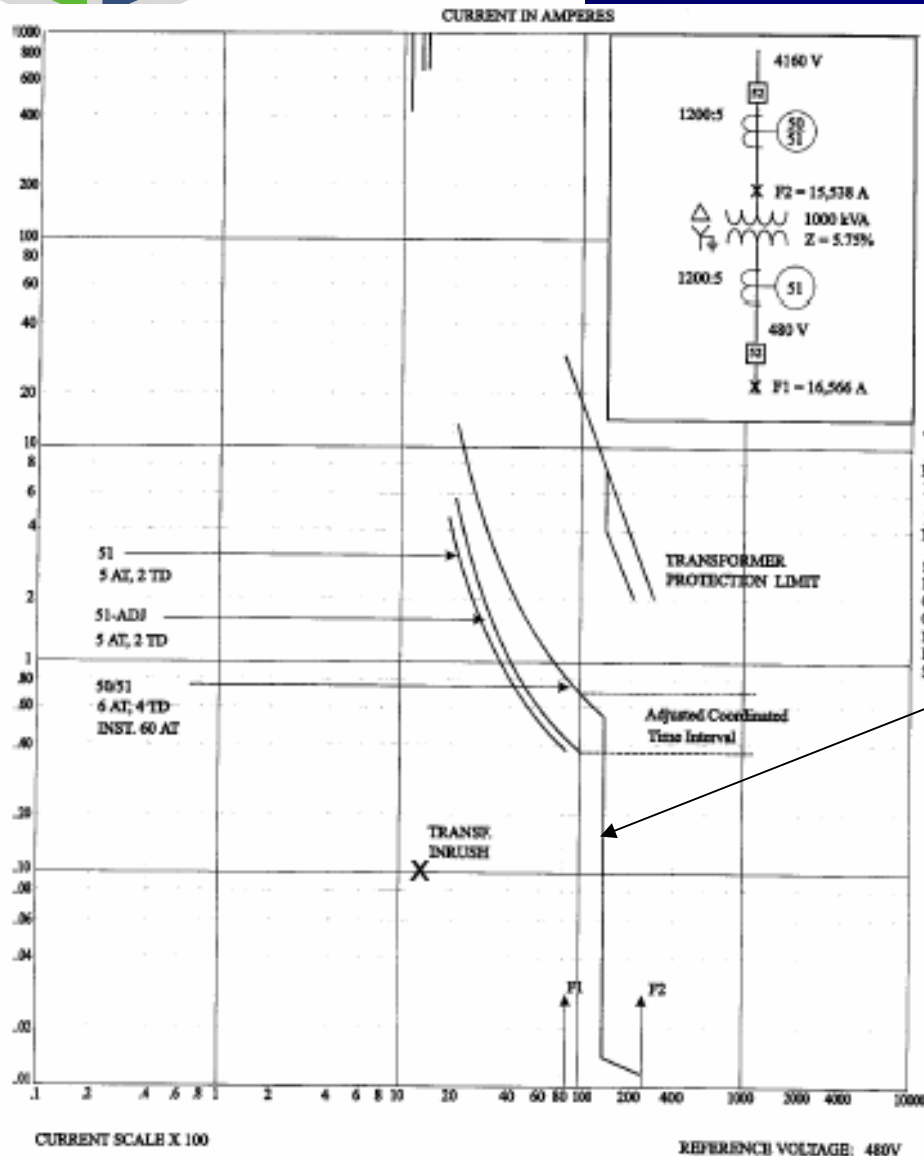


**PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR
CON FUSIBLES EN EL PRIMARIO Y RELE
DE SOBRE CORRIENTE EN EL SECUNDARIO**



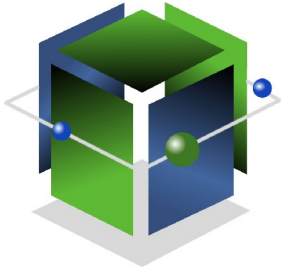
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES



125 A 200% I_{sc} 3 Φ SYM.

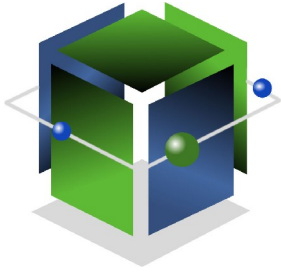
PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR
CON RELESD E SOBRE CORRIENTE
EN EL PRIMARIO Y SECUNDARIO



- **Protección Diferencial (87).**

Existe otra protección llamada protección diferencial, la cual compara la suma de las corrientes entrantes de la zona protegida con la suma de las corrientes salientes de la misma zona protegida. Para que no actúe la protección estas sumas deben ser iguales.

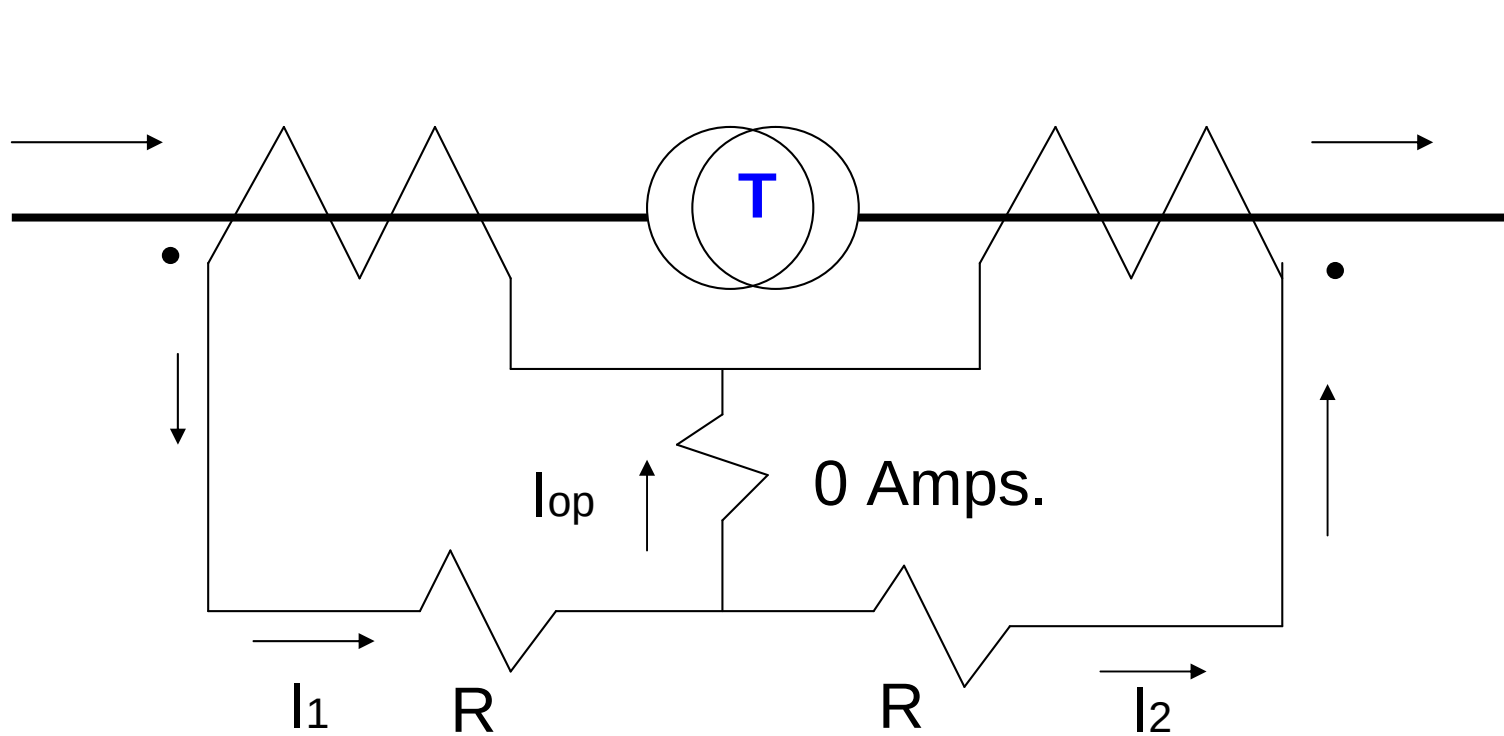
Si la suma de las corrientes entrantes es mayor a las corrientes que salen, es indicativo de la existencia de una falla en la zona de protección, entonces actúa el rele aislando la zona fallada.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

La protección diferencial para transformadores operan según la relación entre las corrientes entrantes y salientes. Esta relación es llamada pendiente (SLOP). Un rele que opera con un 25% de pendiente, significa que la diferencia de las corrientes que entran y salen es mayor del 25% que la corriente circulante.

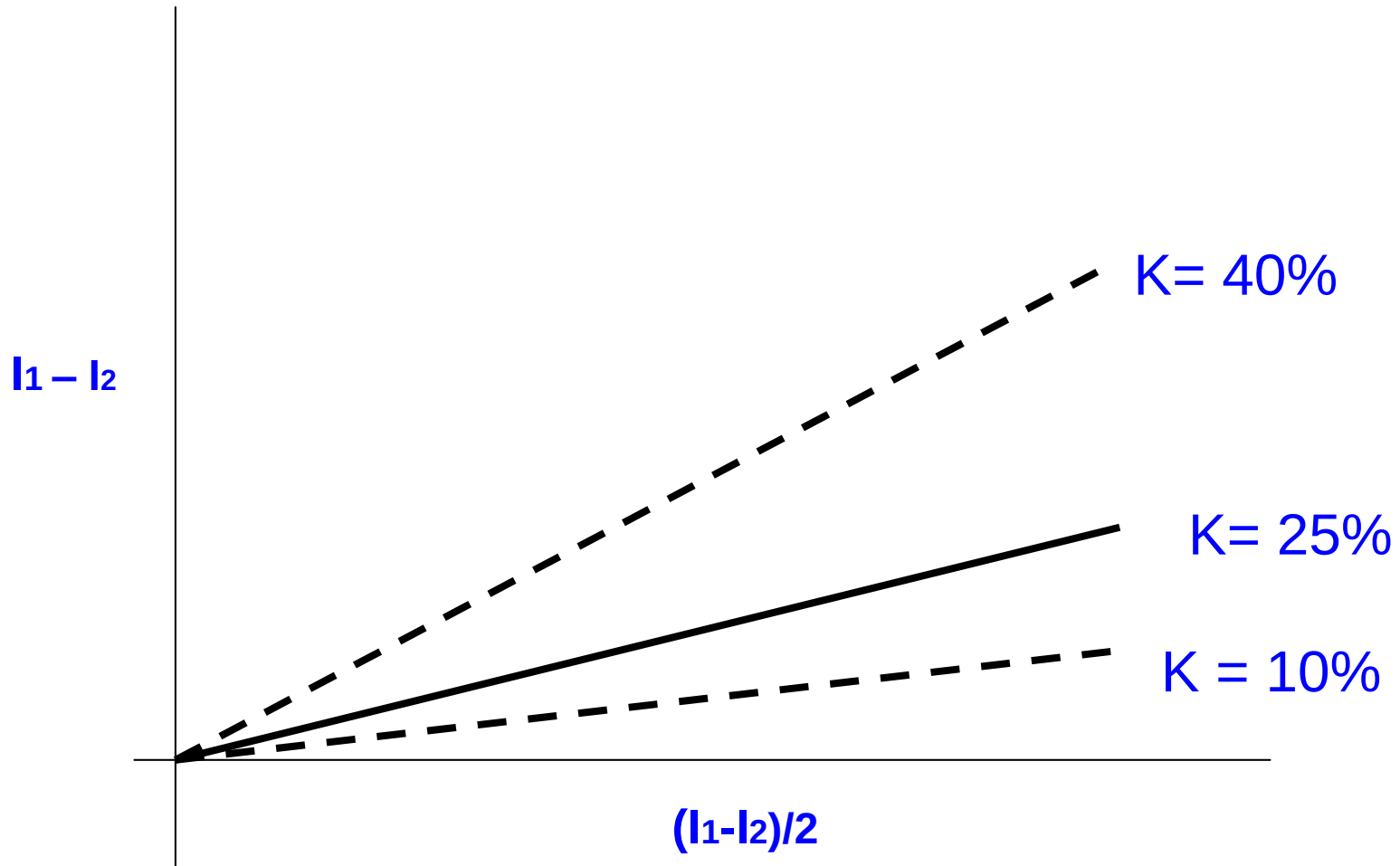


$$I_{op} = I_1 - I_2 = K \frac{(I_1 + I_2)}{2} \quad K = \frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}} * 100 = \%$$

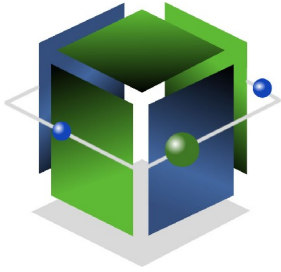


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES



CARACTERISTICA DE OPERACIÓN.

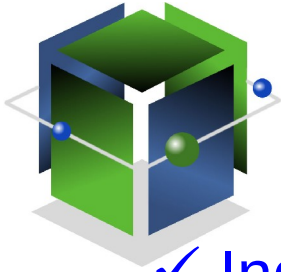


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

- **Dispositivos para Prevención y Detección de Fallas.**

Además de los dispositivos de nivel y temperatura, existen adicionalmente otros instrumentos como indicador de presión, aliviador de presión, reles de presiones repentinas, termómetro de punto caliente (Hot spot), sobre carga térmica (TRO)



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

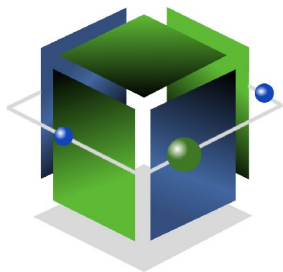
PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓ Indicador de Presión.

Este dispositivo indica si el espacio de gas en el tanque se encuentra a una presión negativa o positiva. Se usa en los tanques del tipo sellado donde es normal que la presión interna varía entre vacío y presión positiva durante el ciclo de carga.

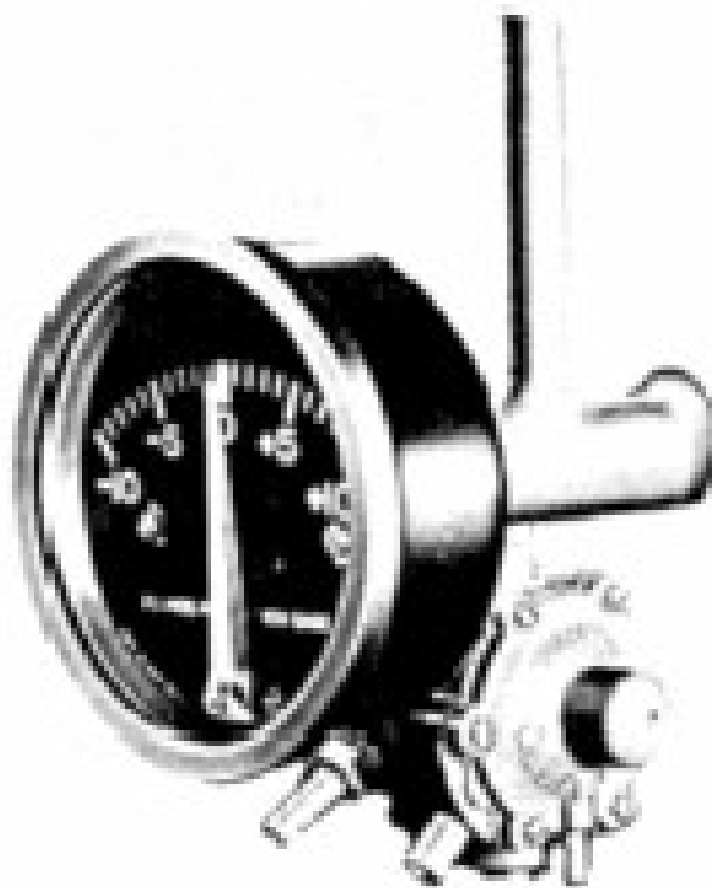
Si la presión permanece en cero por un largo tiempo existe posibilidad de fuga en la cámara de gas. La presión podría ser negativa si el transformador está desenergizado u operando bajo carga en ambientes con temperaturas bajas.

En la placa del equipo se indica los valores + y - de presión máxima que no causen distorsiones en el tanque.

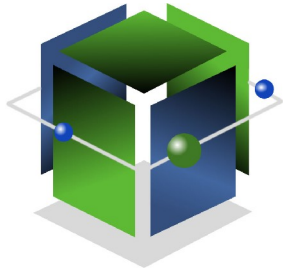


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES



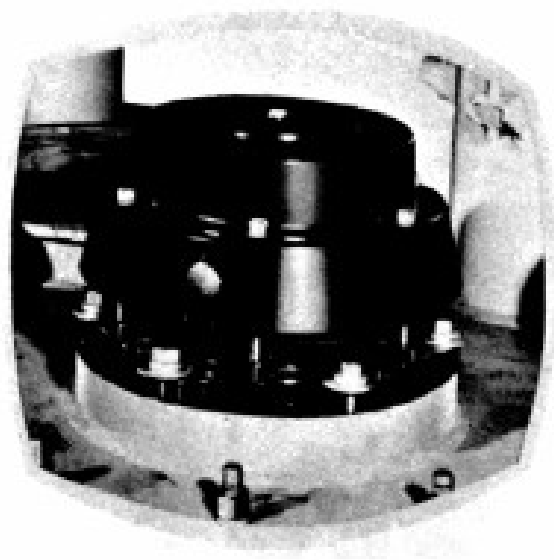
INDICADOR DE PRESIÓN DE GAS



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

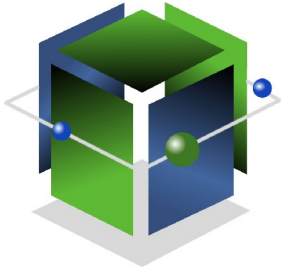
PROTECCION DE TRANSFORMADORES

- ✓ Dispositivo aliviador de presión.
Actúa correspondiendo a la presencia de picos de cargas elevadas, sobre cargas por largo tiempo y arcos productos de fallas.



ALIVIADOR DE PRESIÓN

Limita las presiones internas para prevenir roturas en el tanque bajo condiciones de falla.

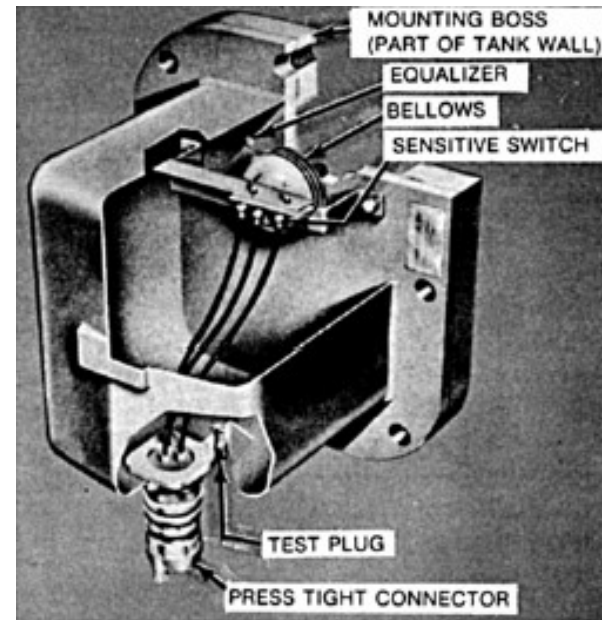
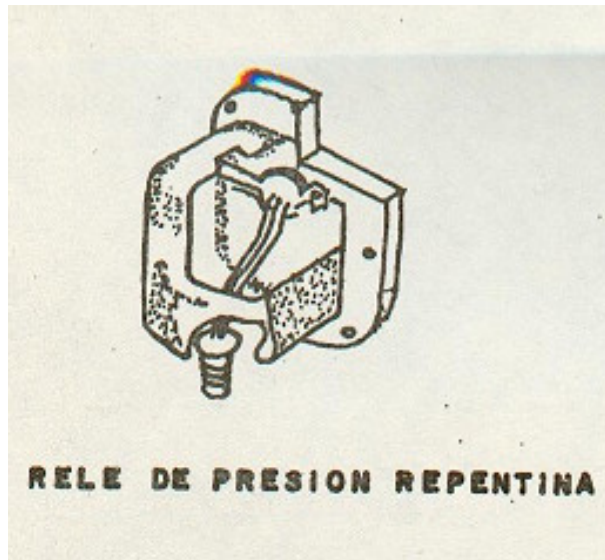


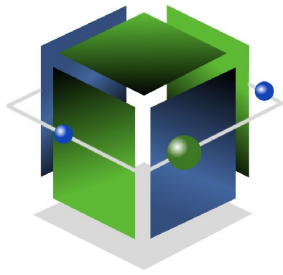
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓ Rele de presión repentina.

Dispositivo sensitivo a las altas ratas de aumento de presión asociados con arcos producto de fallas corto circuito entre espiras, fallas a tierra, fallas fase a fase. Este equipo no será afectado por las presiones estáticas en el espacio del gas.



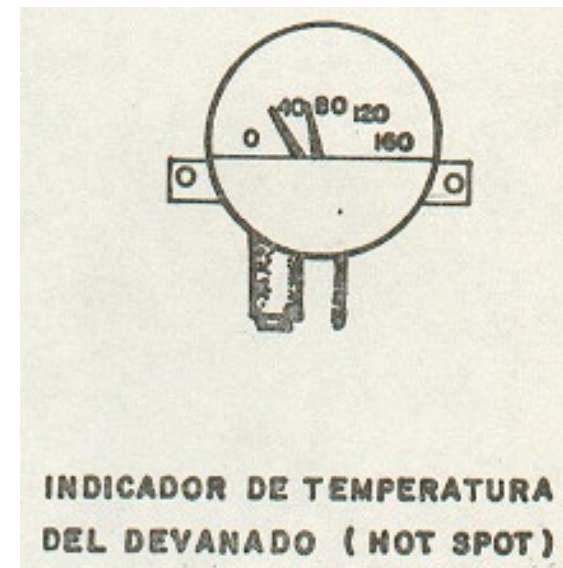
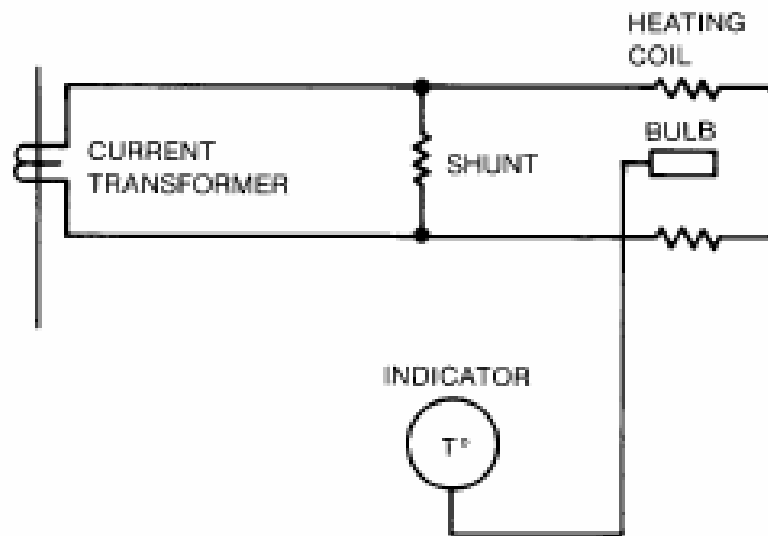


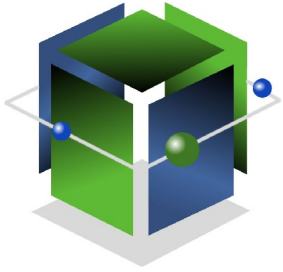
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓Termómetro de punto caliente (Hot spot).

Este dispositivo simula la temperatura del punto más caliente de los devanados del transformador, debido a que el elemento sensor es afectado por la temperatura del líquido así como un elemento calefactor, alimentado desde una fuente de corriente proporcional a la carga.





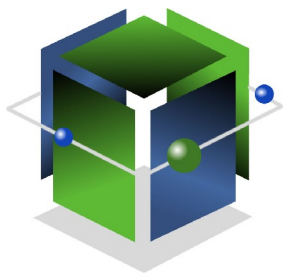
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

✓ Sobre carga térmica (TRO)

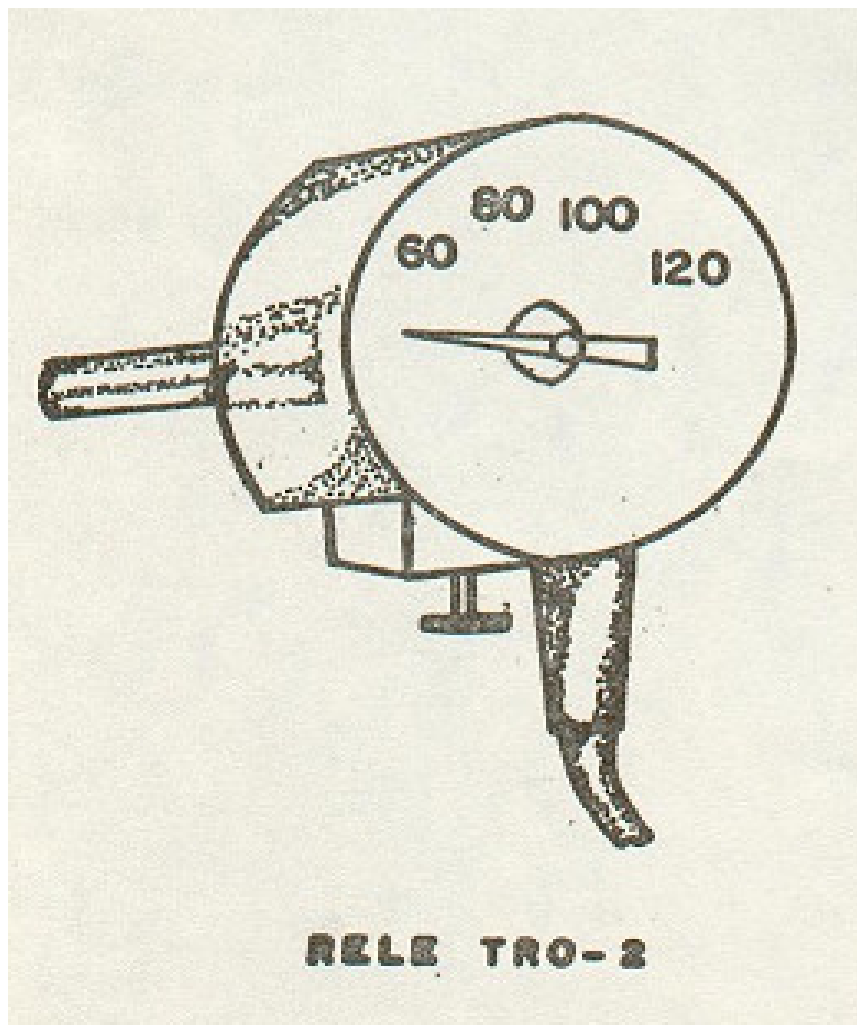
Este rele requiere las mismas fuentes de alimentación de temperatura que el dispositivo anterior, pero operacionalmente su indicación es continua en términos de porcentaje de carga térmica.

Este rele presenta dos zonas coloreadas, una para indicar la condición de carga crítica y una de condición de carga insegura.

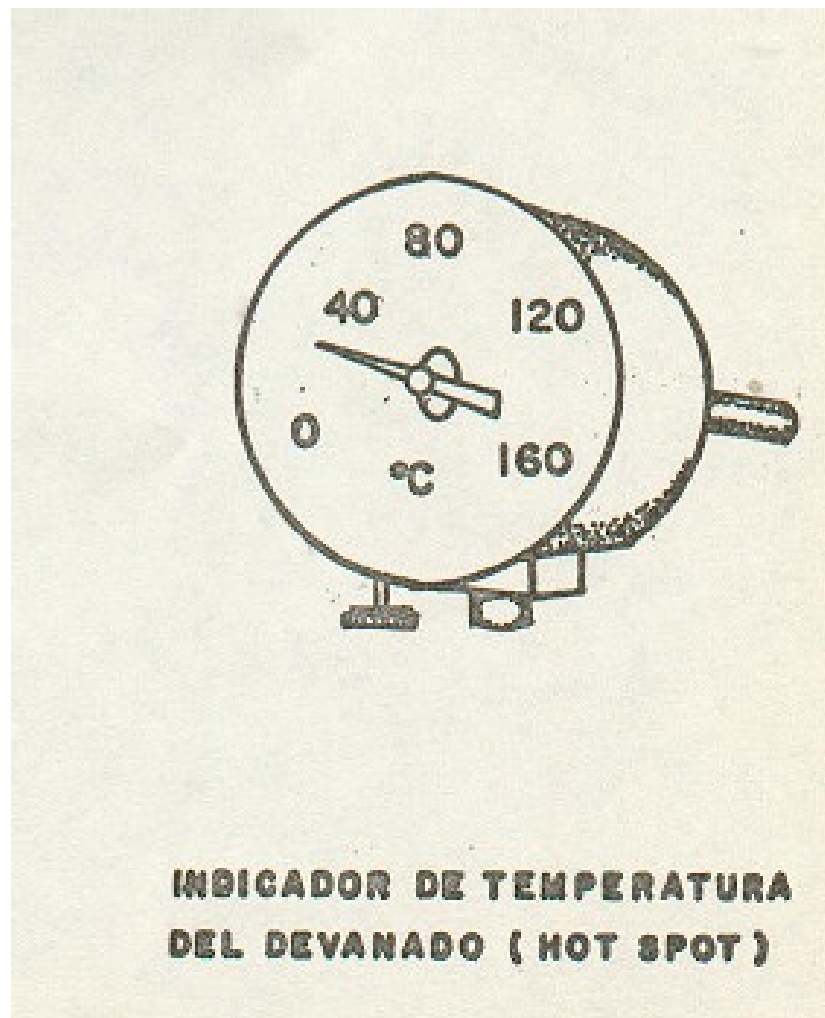


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

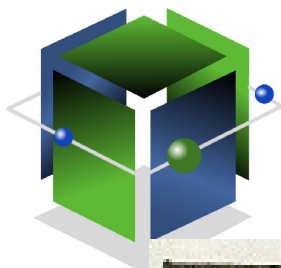
PROTECCION DE TRANSFORMADORES



RELE TRO-2

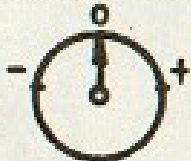
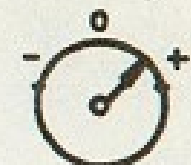
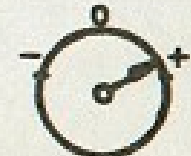


**INDICADOR DE TEMPERATURA
DEL DEVANADO (HOT SPOT)**



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

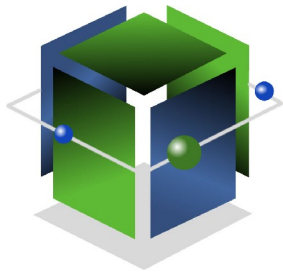
TEMP AMBIENTE	CARGA	IND. TEMP. ACEITE	IND. NIVEL LIQUIDO	IND. PRESION
30°C	NINGUNA	30°C 		
30°C	MODERADA	65°C 		
30°C	NOMINAL	90°C 		

LECTURAS DE INDICADORES PARA DIFERENTES CONDICIONES



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



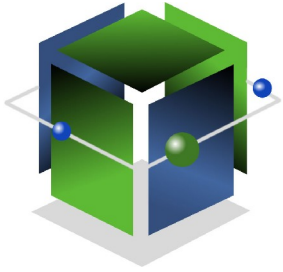
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

➤ **PROTECCIÓN PARA MOTORES DE INDUCCIÓN.**

- **Propósito de la Protección**

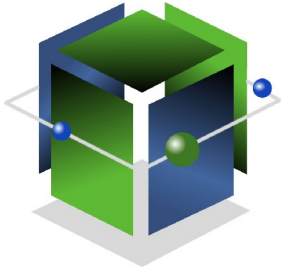
La protección para motores debe permitir al motor arrancar y trabajar normalmente en su velocidad nominal, pero deberá sacarlo o desconectarlo del sistema eléctrico cuando el motor se frene, no acelera a su velocidad nominal, consume corriente por encima de su nominal, presenta sobre calentamiento, vibra excesivamente o muestra cualquier otro síntoma impropio del motor.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

La detección de estas anomalías se hace a través de la medición de voltaje, corriente, temperatura, frecuencia, vibración y velocidad. Sin embargo para la mayoría de los motores pequeños, podríamos decir menor a los 200 hp, la protección de sobre corriente es la que más prevalece.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

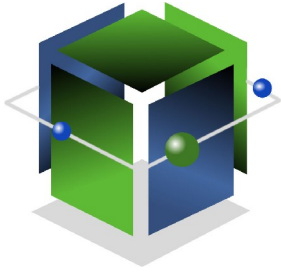
PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

- **Protección Sobre de Corriente Motores BT 3Φ.
(Establecimiento de los Límites)**
 - ✓ Corriente nominal.

$$I_{fl} = \frac{kVA}{\sqrt{3} * kV}$$

$$kVA = \frac{(0.746)HP}{(Cos \theta)\eta}$$

Para un motor de inducción se cumple que **1 kVA = 1 HP**, debido a que la eficiencia es 87% y el FP es 0.85 aproximadamente.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Corriente inrush

Esta corriente está formada por la corriente de corta duración transitoria y la corriente de rotor bloqueado (Locked rotor current).

✓ La corriente de corta duración transitoria.

Mayor que la corriente de rotor bloqueado, dependerá de la magnitud del voltaje cuando el motor es energizado. Si el voltaje es cero esta corriente tendrá el mayor valor cuyo valor será $1.65 \times$ valor de la corriente rotor bloqueado y con un tiempo de duración que no excederá de 0.1 segundo para motores estándar de BV.



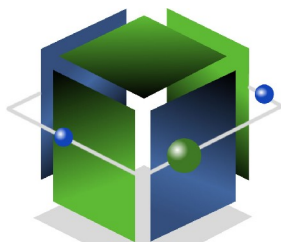
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Corriente de rotor bloqueado.

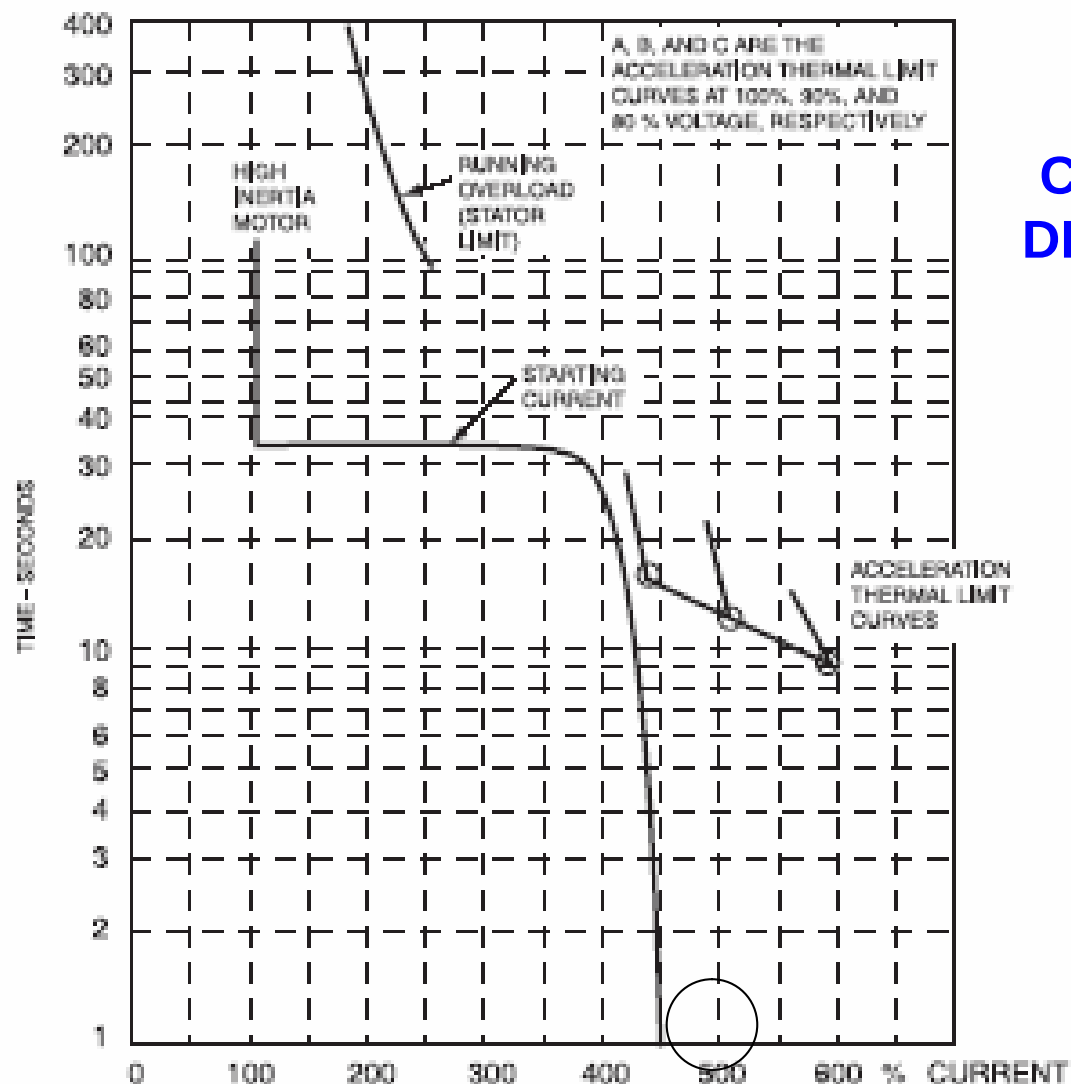
Esta corriente para motores de inducción con cargas de baja inercia es aproximadamente seis veces la corriente nominal, con un tiempo de duración de 5 a 30 segundos dependiendo de la inercia de la carga.

Para motores de alta eficiencia la corriente de rotor bloqueado es de hasta siete veces la corriente nominal y la corriente transitoria es de dos veces la corriente de rotor bloqueado.

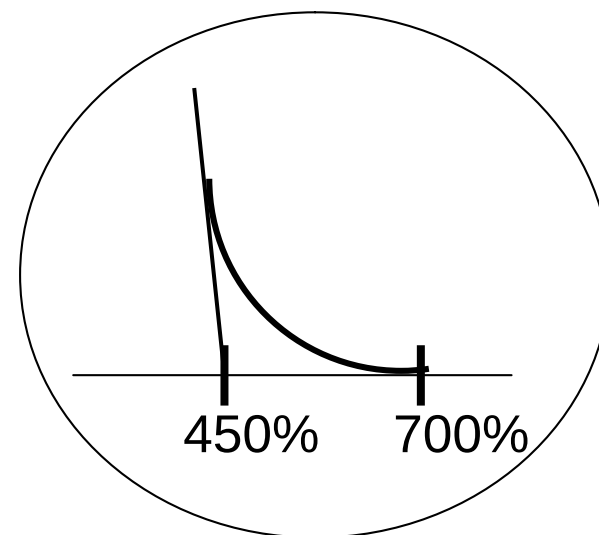


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

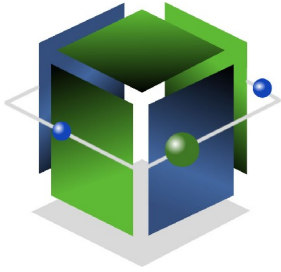
PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



CURVA TÍPICA DE ARRANQUE DE UN MOTOR BT 3 Φ CON SUS LÍMITES TÉRMICOS



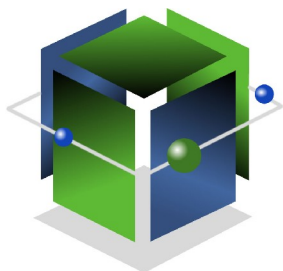
CORRIENTE TRANSITORIA



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

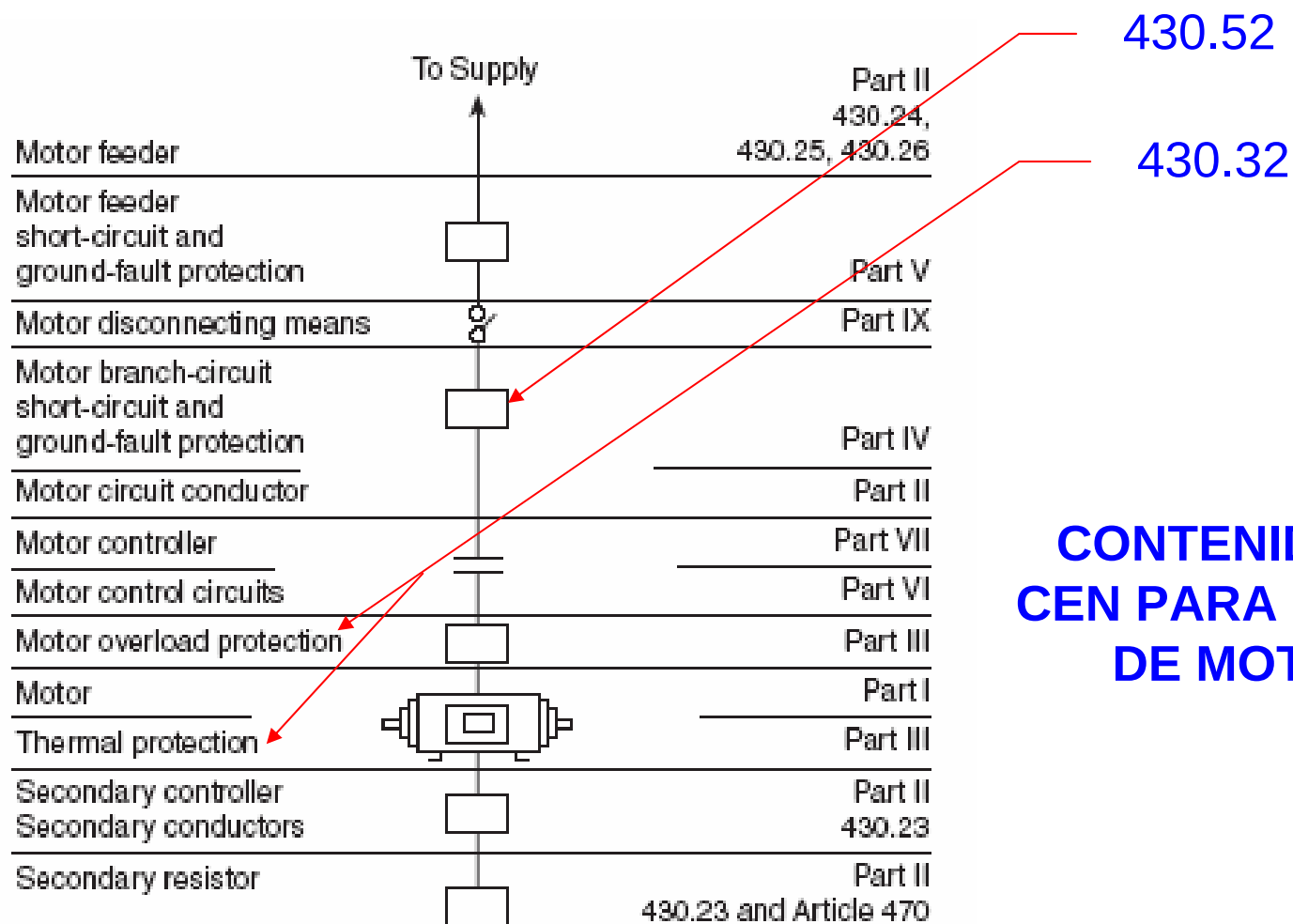
Cabe destacar que toda esa información de corriente puede ser obtenida del fabricante, de la placa de información del motor y/o de los diseños estándar de catálogos o textos.



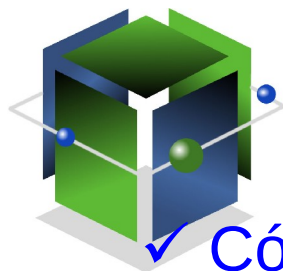
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ NEC.



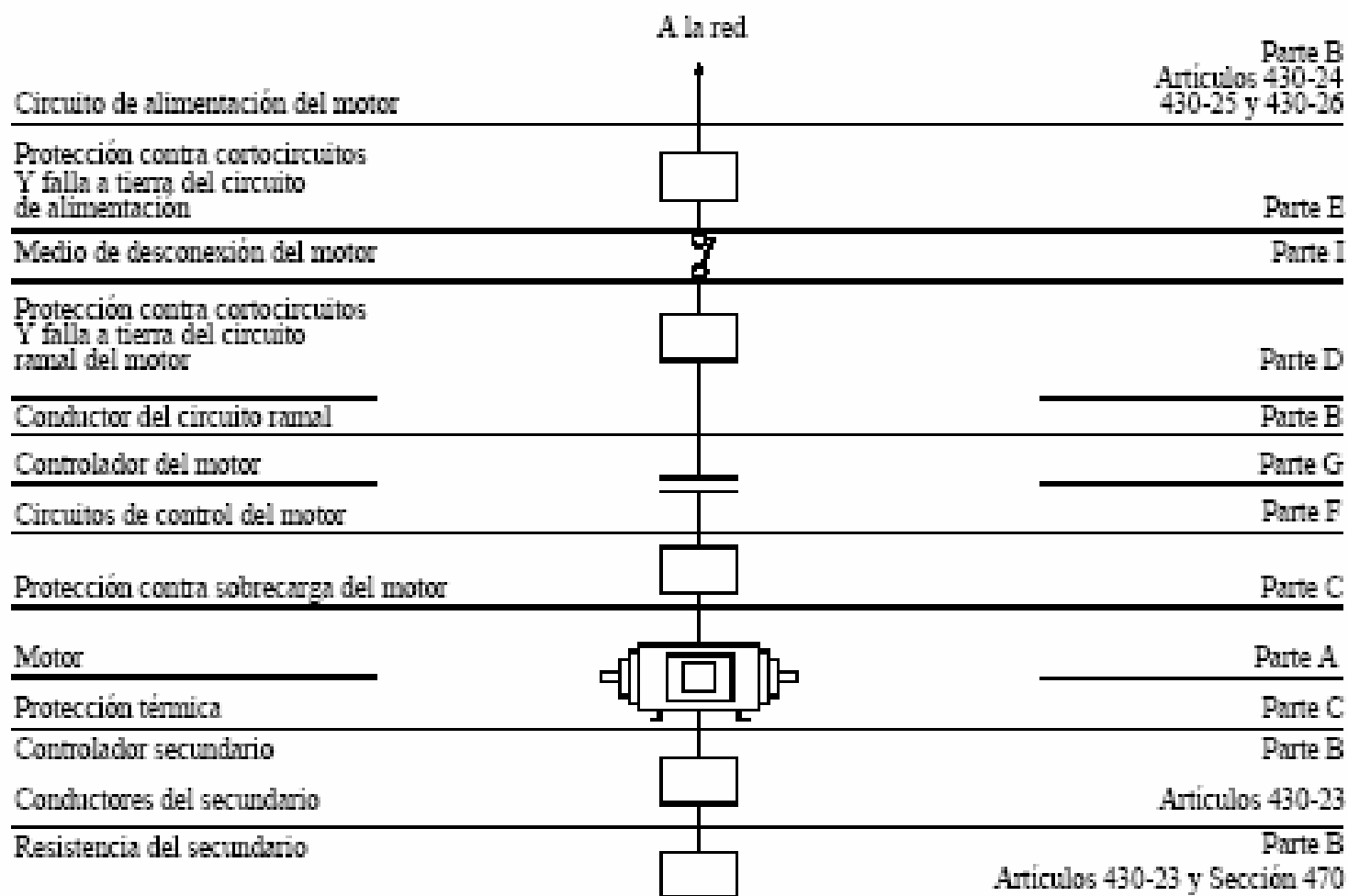
**CONTENIDO ART.430
CEN PARA PROTECCIÓN
DE MOTORES BT**

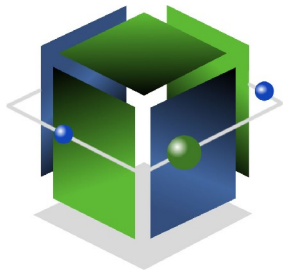


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Código Eléctrico Nacional.





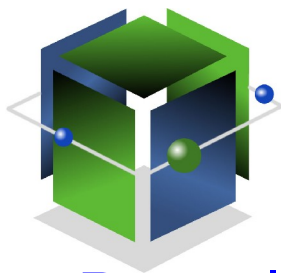
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

El artículo 430.32 establece que la protección de sobre carga (Arranque o pick up) para los motores de inducción mayores a 1 HP, protección separada, deben ser seleccionados no mayor a lo siguiente

1. Motores con factor de servicio 1.15
125% de su carga nominal.
2. Motores con incremento de temperatura 40°C o menos.
125% de su carga nominal.
3. Otros Motores.
115% de su carga nominal.

La misma protección se instalará en cada fase.



Para la protección de corto circuito el artículo 430.52 recomienda los valores indicados en la tabla abajo mostrada.

Type of Motor	Percentage of Full-Load Current			
	Nontime Delay Fuse ¹	Dual Element (Time-Delay) Fuse ¹	Instantaneous Trip Breaker	Inverse Time Breaker ²
Single-phase motors	300	175	800	250
AC polyphase motors other than wound-rotor				
Squirrel cage — other than Design E or Design B energy efficient	300	175	800	250
Design E or Design B energy efficient	300	175	1100	250
Synchronous ³	300	175	800	250
Wound rotor	150	150	800	150
Direct current (constant voltage)	150	150	250	150

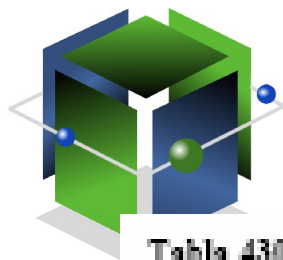


Tabla 430-152.- Corriente máxima o ajuste de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de los circuitos ramales de motores

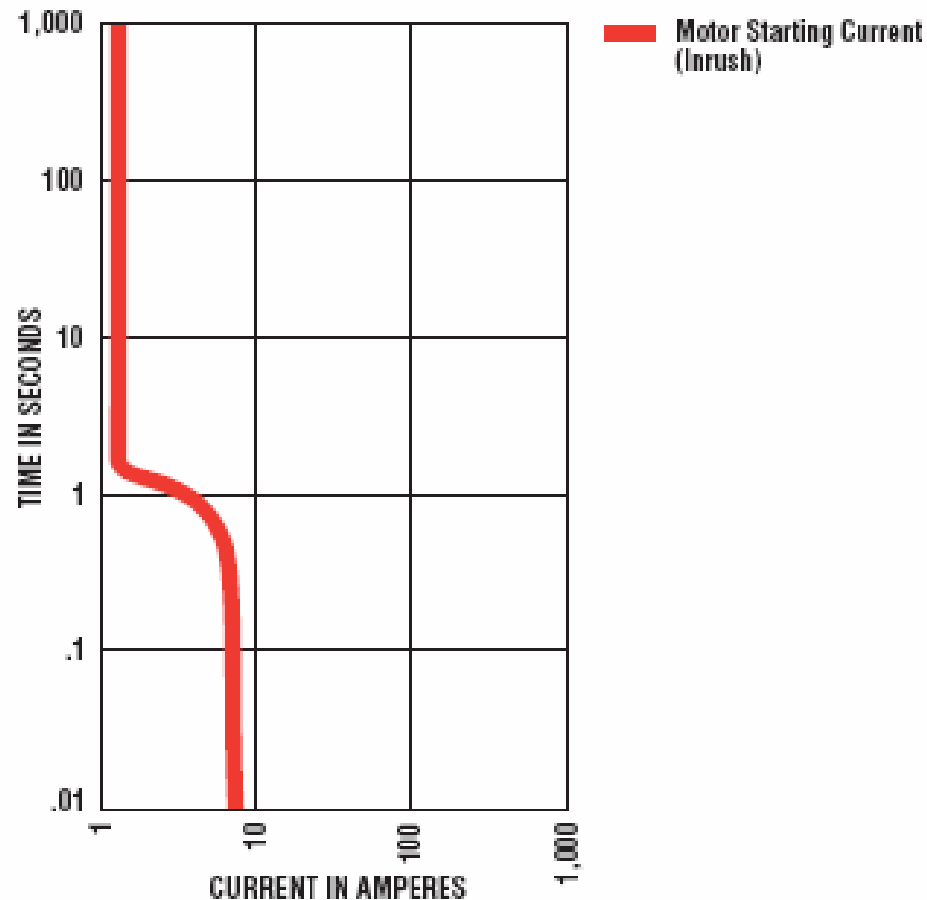
Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos (con retardo de tiempo)*	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Monofásico	300	175	800	250
Polyfásico de c.a. sin rotor bobinado				
De jaula de ardilla:				
Todos menos los de Tipo E	300	175	800	250
Los de Tipo E	300	175	1100	250
Sincronos#	300	175	800	250
Con rotor bobinado	150	150	800	150
De c.a. (tensión constante)	150	150	250	150
Para las excepciones a los valores especificados, véanse los Artículos 430-52 a 430-54.				
* Los valores de la última columna también cubren las corrientes de los interruptores automáticos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse según el Artículo 430-52.				
** Los valores de esta columna son para fusibles de Clase CC con retardo.				
# Los motores sincrónicos de bajo par y baja velocidad (normalmente 450 rpm o menos), tales como los utilizados con compresores recíprocos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que la corriente de los fusibles o interruptores automáticos sea mayor del 200% de la corriente a plena carga.				

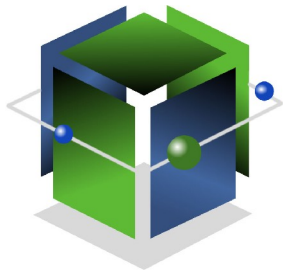


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

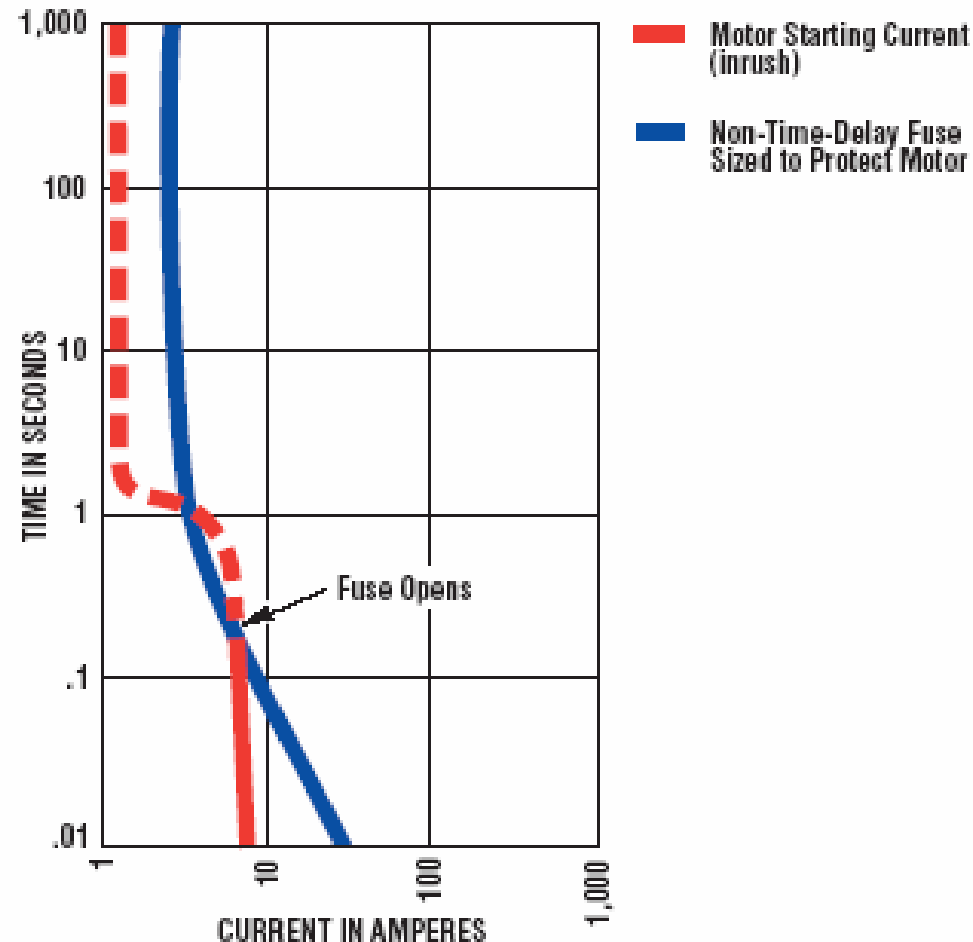
- ✓ Coordinación entre la curva arranque del motor y su protección.



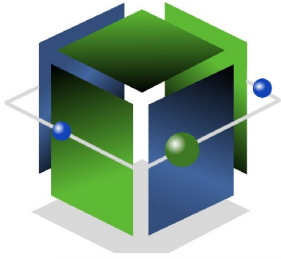


SSLA
SERVICIO SOPORTE LIA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

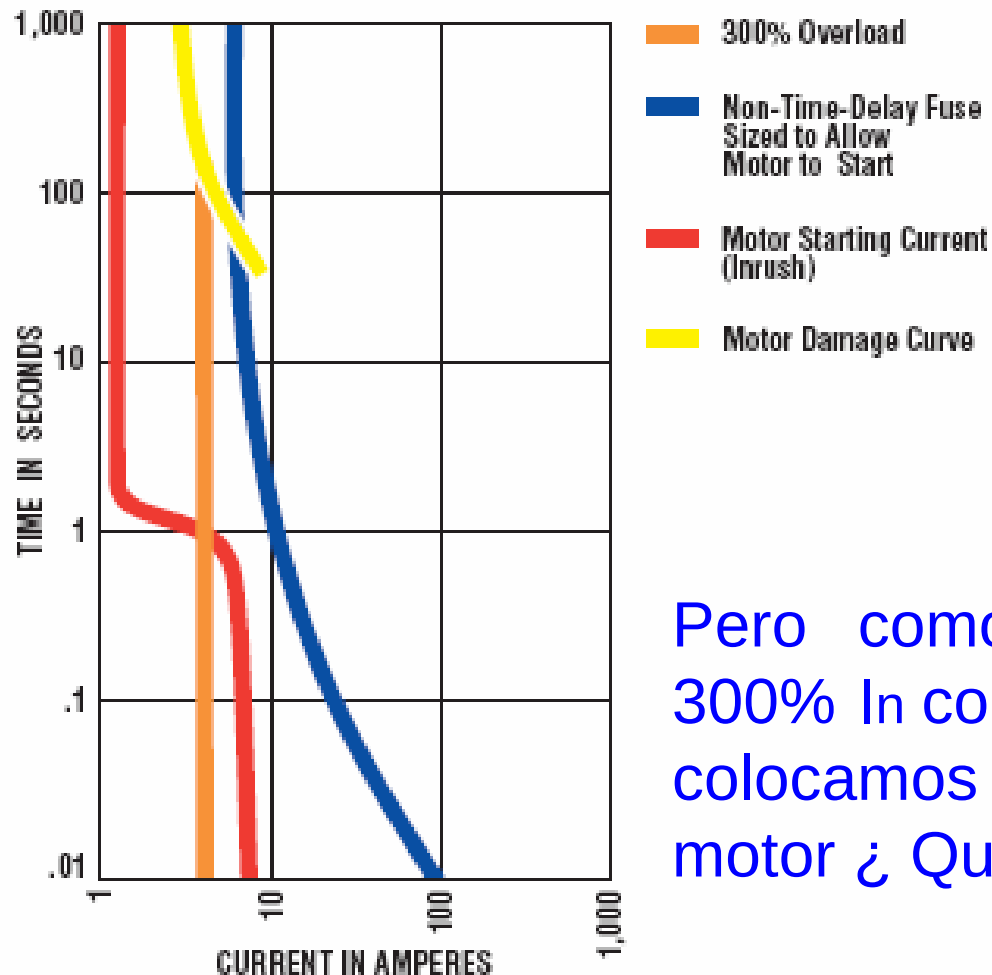


¿ Que pasa si se coloca un fusible con 115% I_n no temporizado?

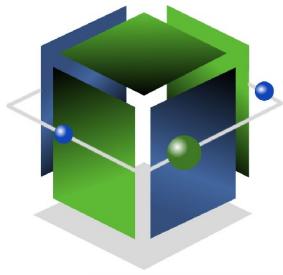


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

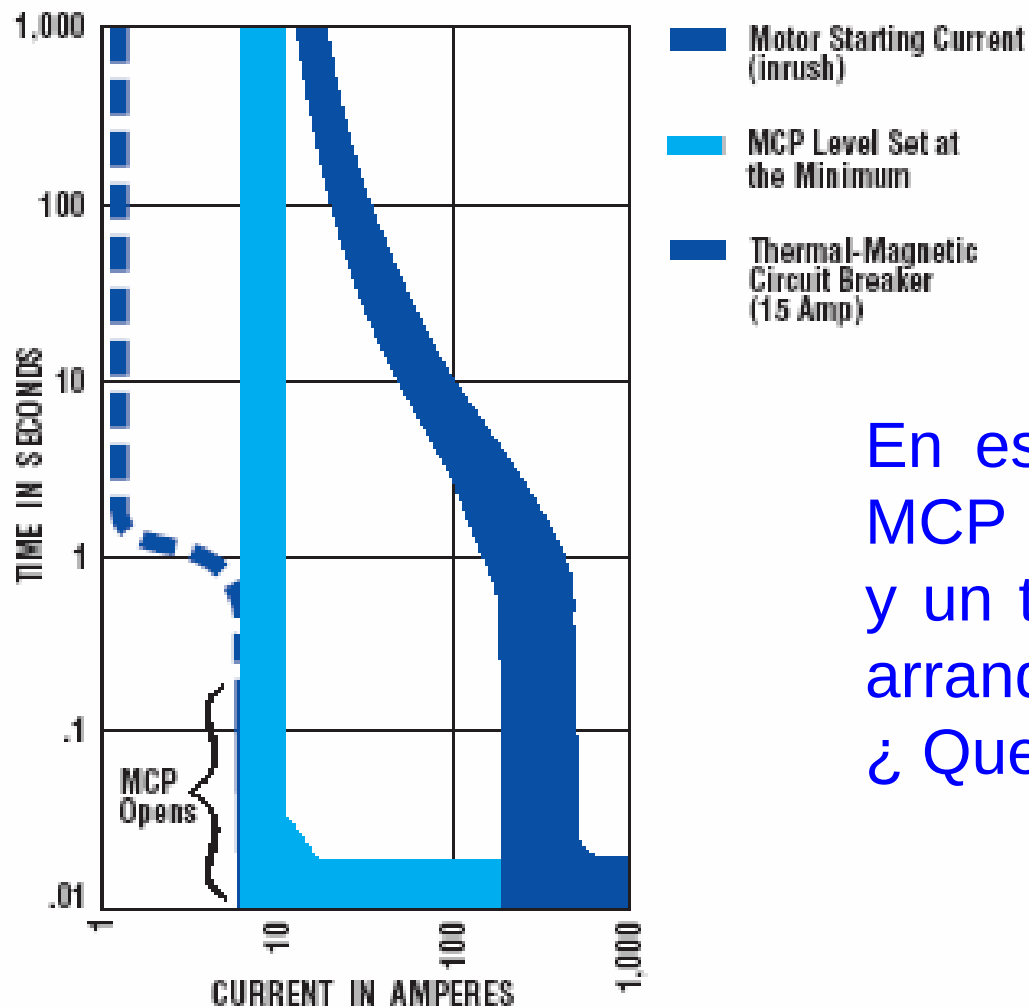


Pero como el código nos permite 300% I_n con fusible no temporizado lo colocamos para que arranque el motor ¿Que pasa ahora?

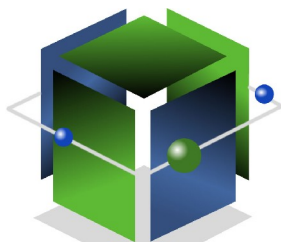


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

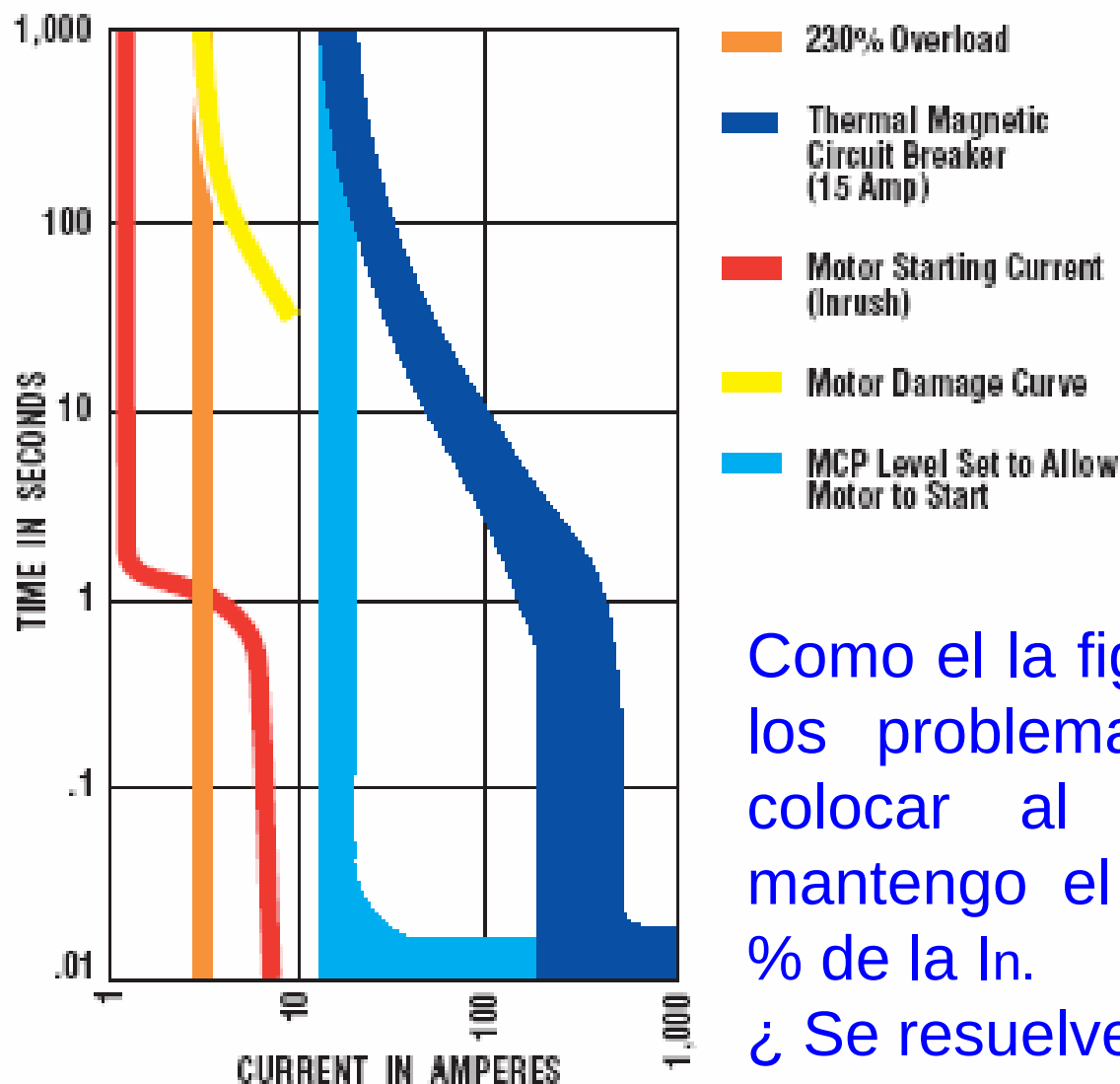


En este caso colocamos un MCP (Interruptor magnético) y un termomagnético con un arranque 250% I_n .
¿ Que ocurre ?



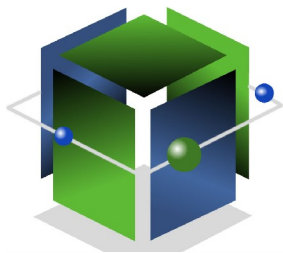
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



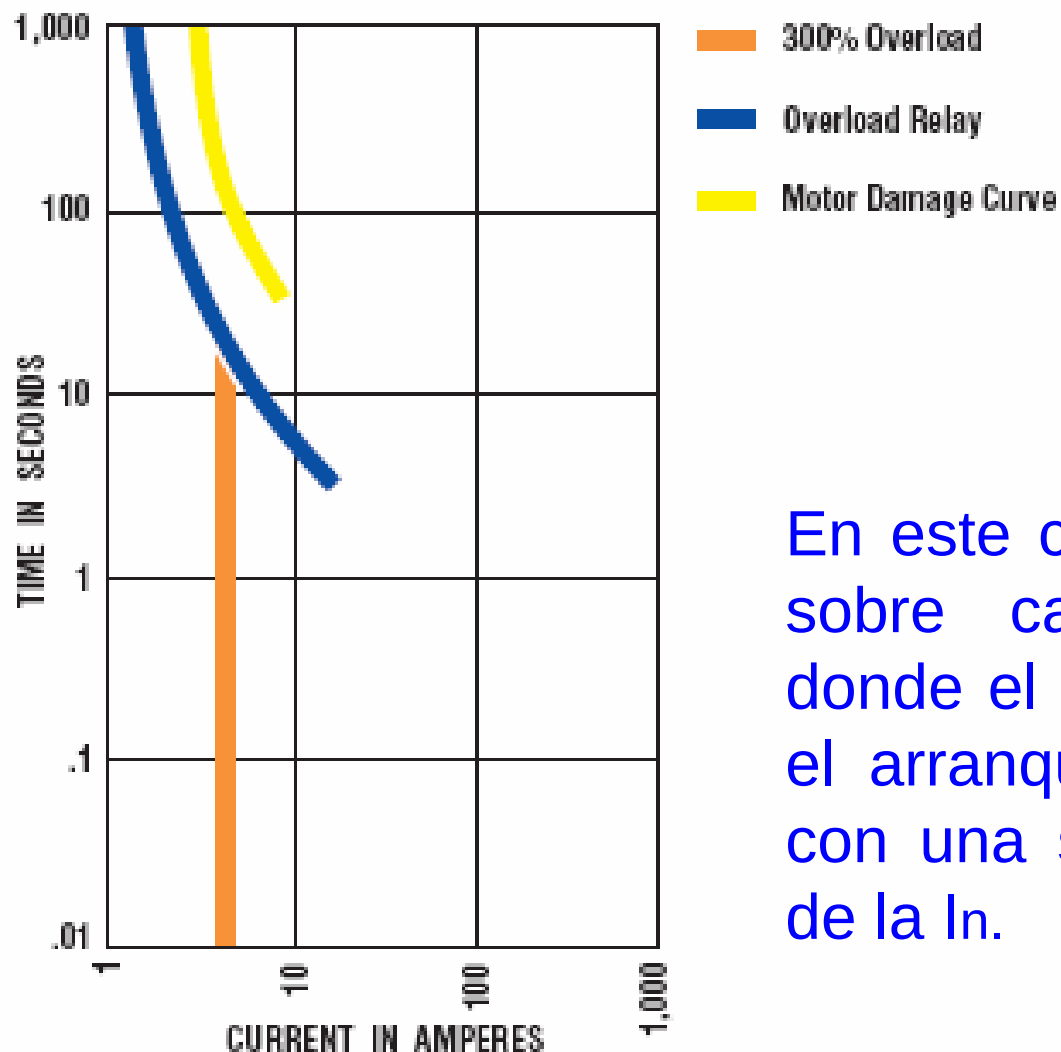
Como el la figura anterior continúo con los problemas, entonces procedo a colocar al MCP al 700 80% y mantengo el temomagnético con 250 % de la I_n .

¿ Se resuelven los problemas?

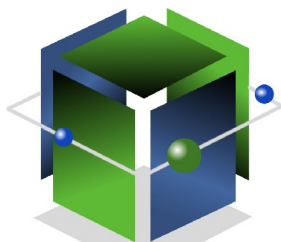


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

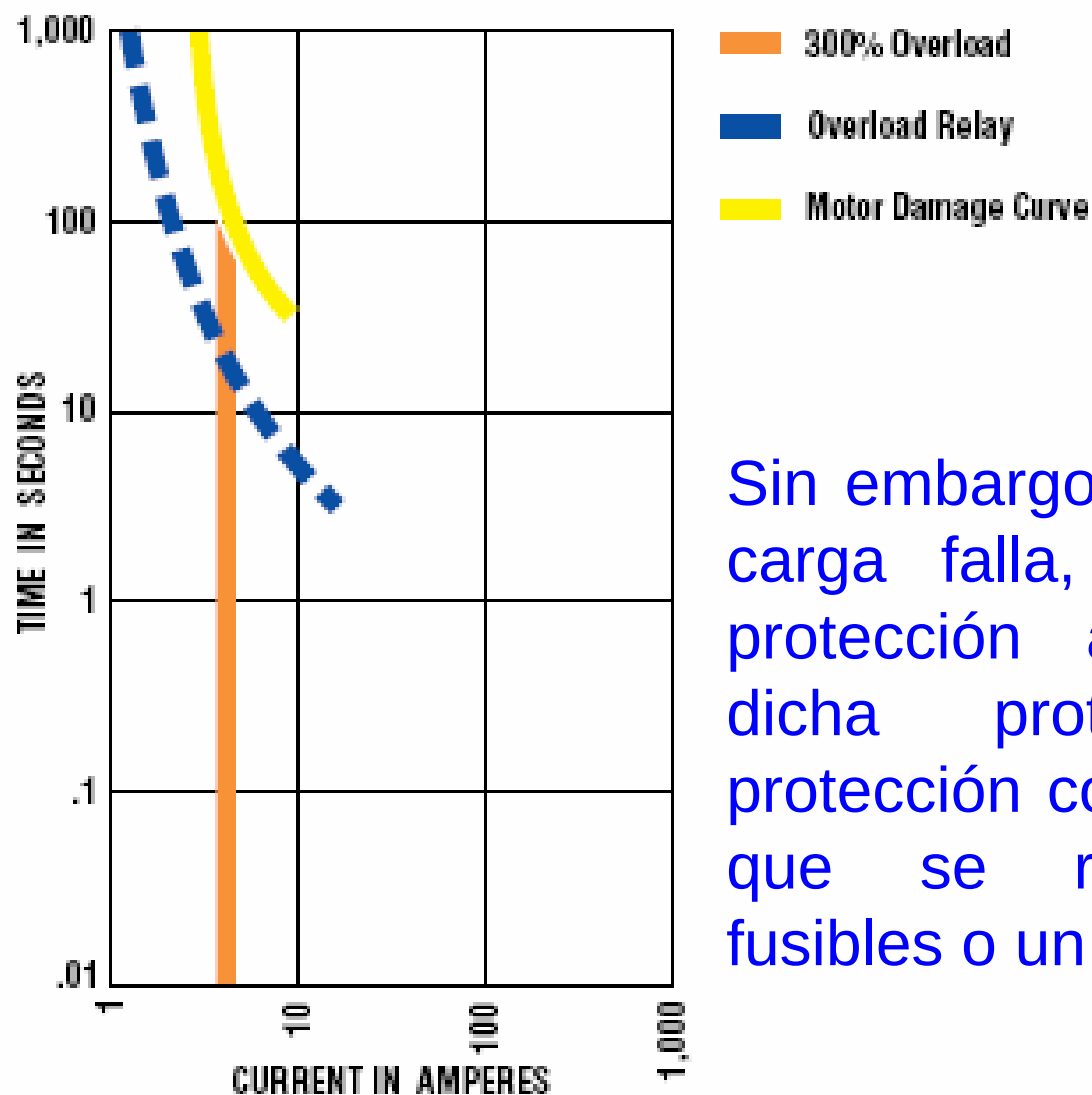


En este caso se coloca un rele de sobre carga o calentador (49) donde el mismo protege y permite el arranque del motor, disparando con una sobre corriente del 300% de la I_n .

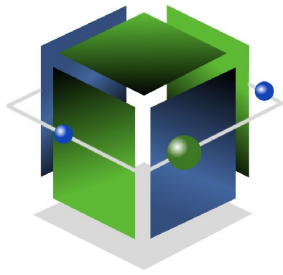


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

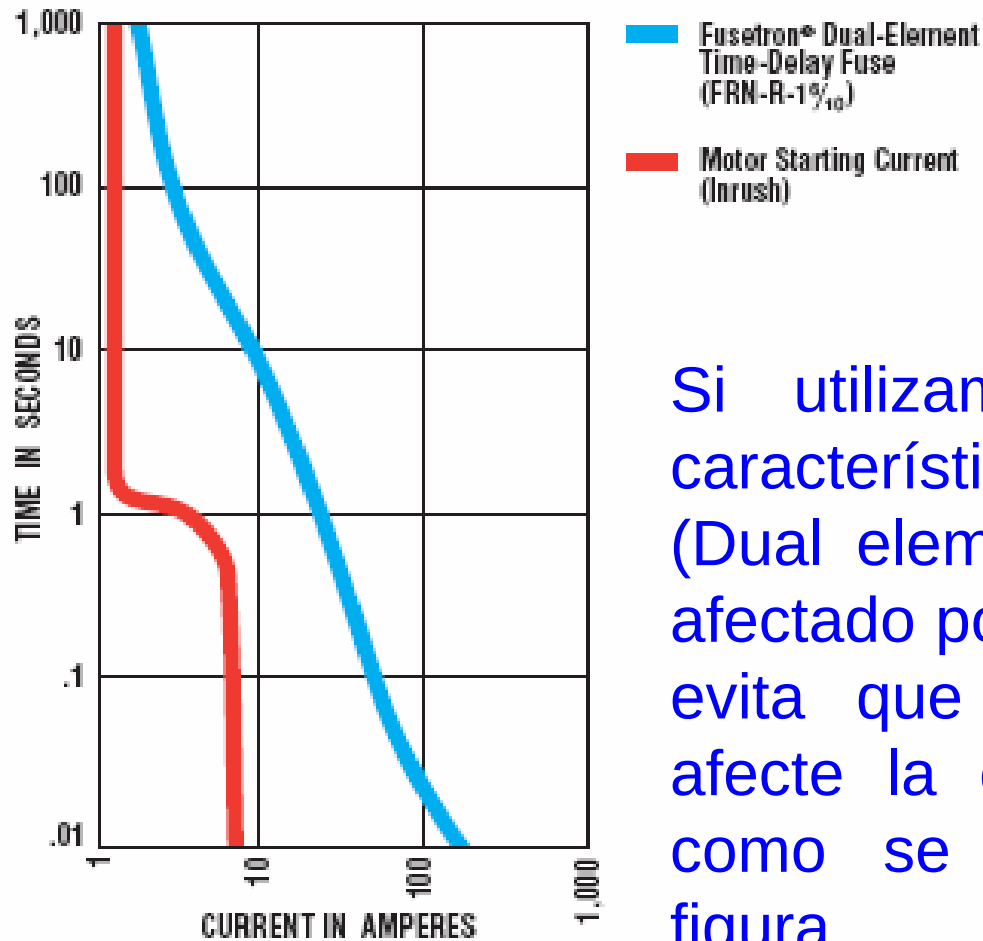


Sin embargo si el térmico de sobre carga falla, el motor queda sin protección alguna. Además que dicha protección no ofrece protección contra corto circuitos. Lo que se recomienda agregarle fusibles o un MCP.

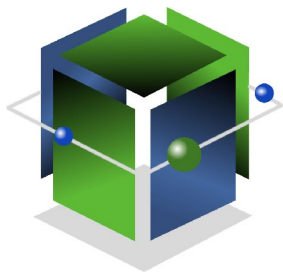


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

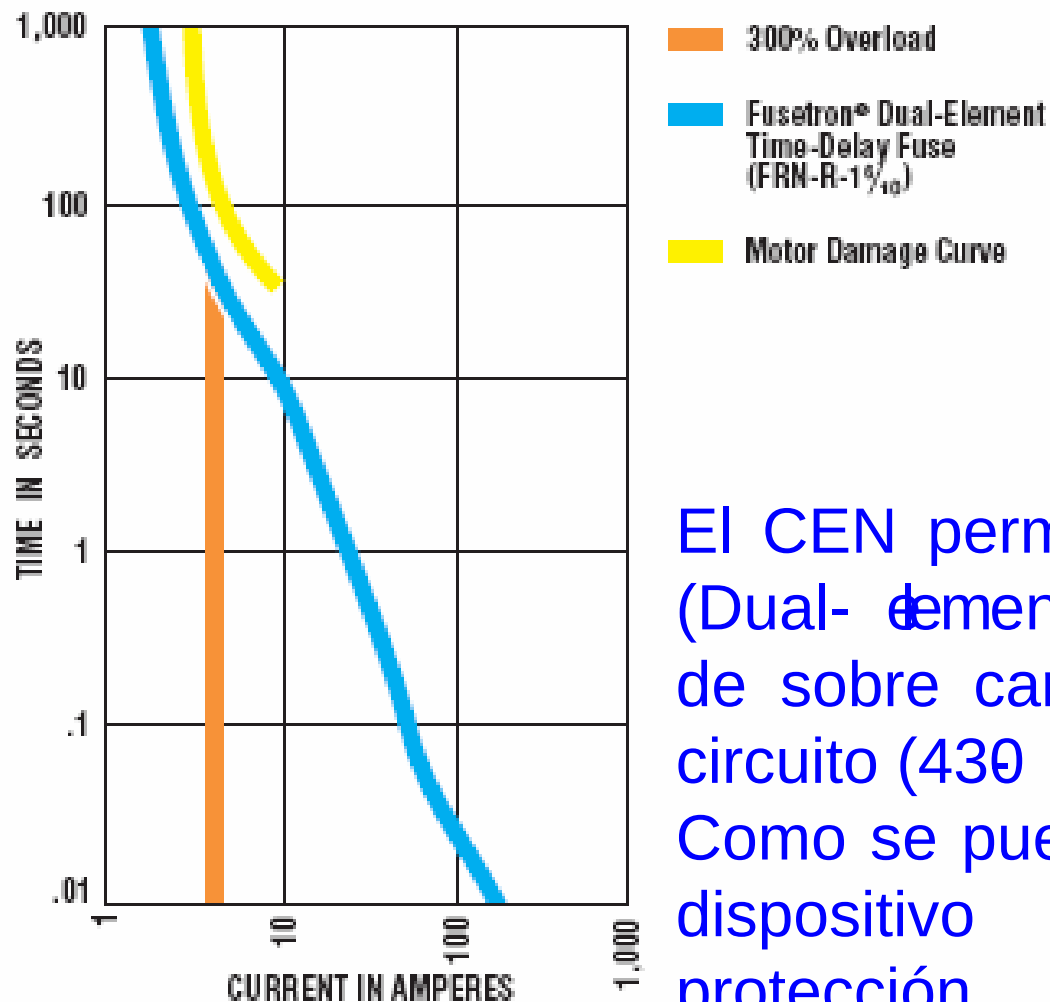


Si utilizamos un fusible con las características indicada en la figura, (Dual element fuse), el mismo no es afectado por la corriente de arranque y evita que cualquier sobre corriente afecte la curva de daño del motor, como se muestra en la siguiente figura.

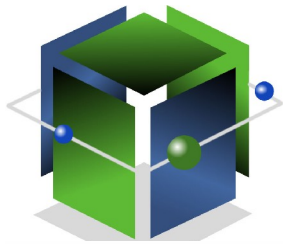


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

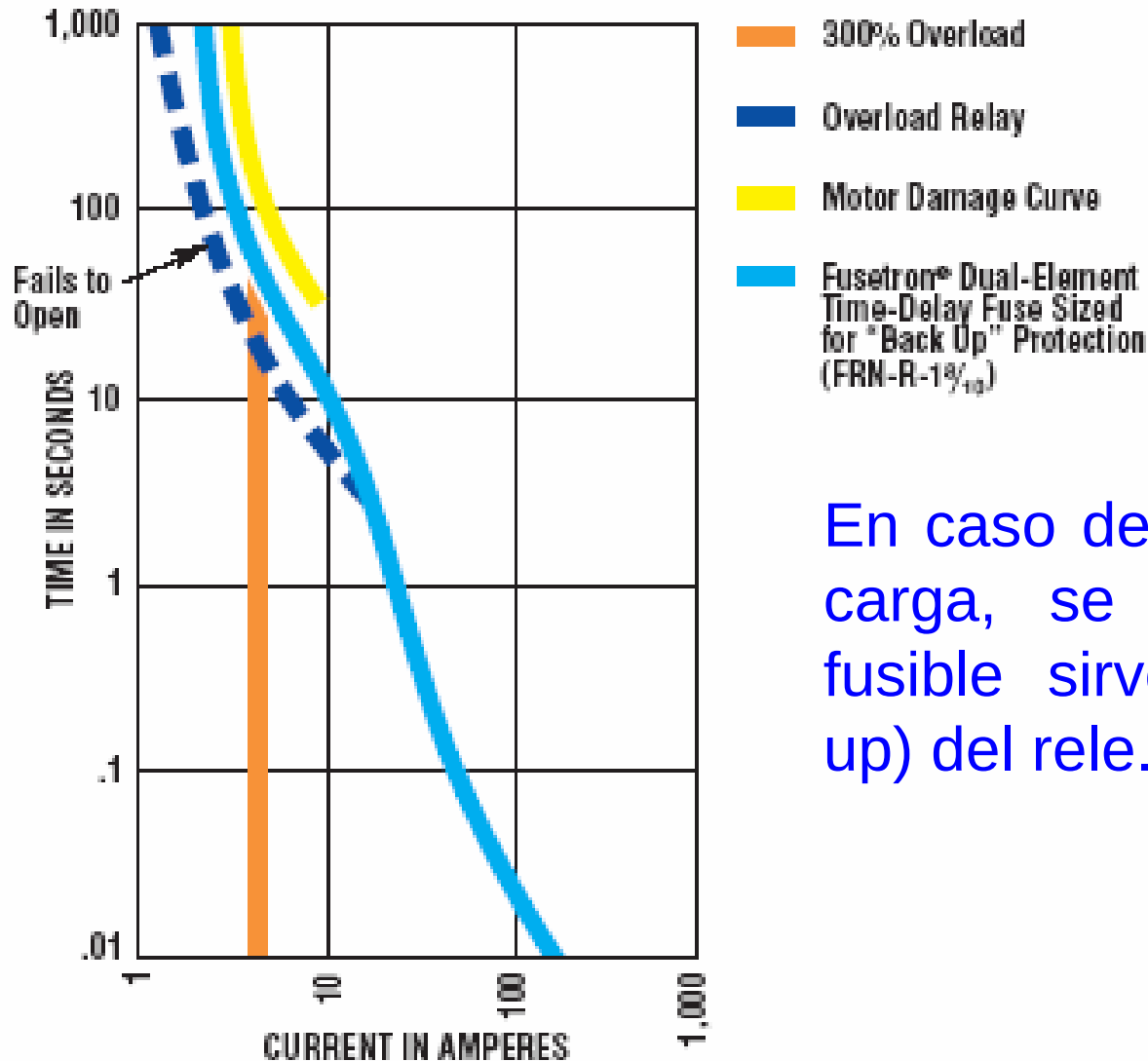


El CEN permite a este tipo de fusible (Dual- element fuses) para la protección de sobre carga y protección de corto circuito (430 32, 36, 52, 57 y 90). Como se puede notar en la figura este dispositivo ofrece una excelente protección.

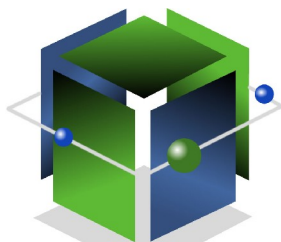


SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

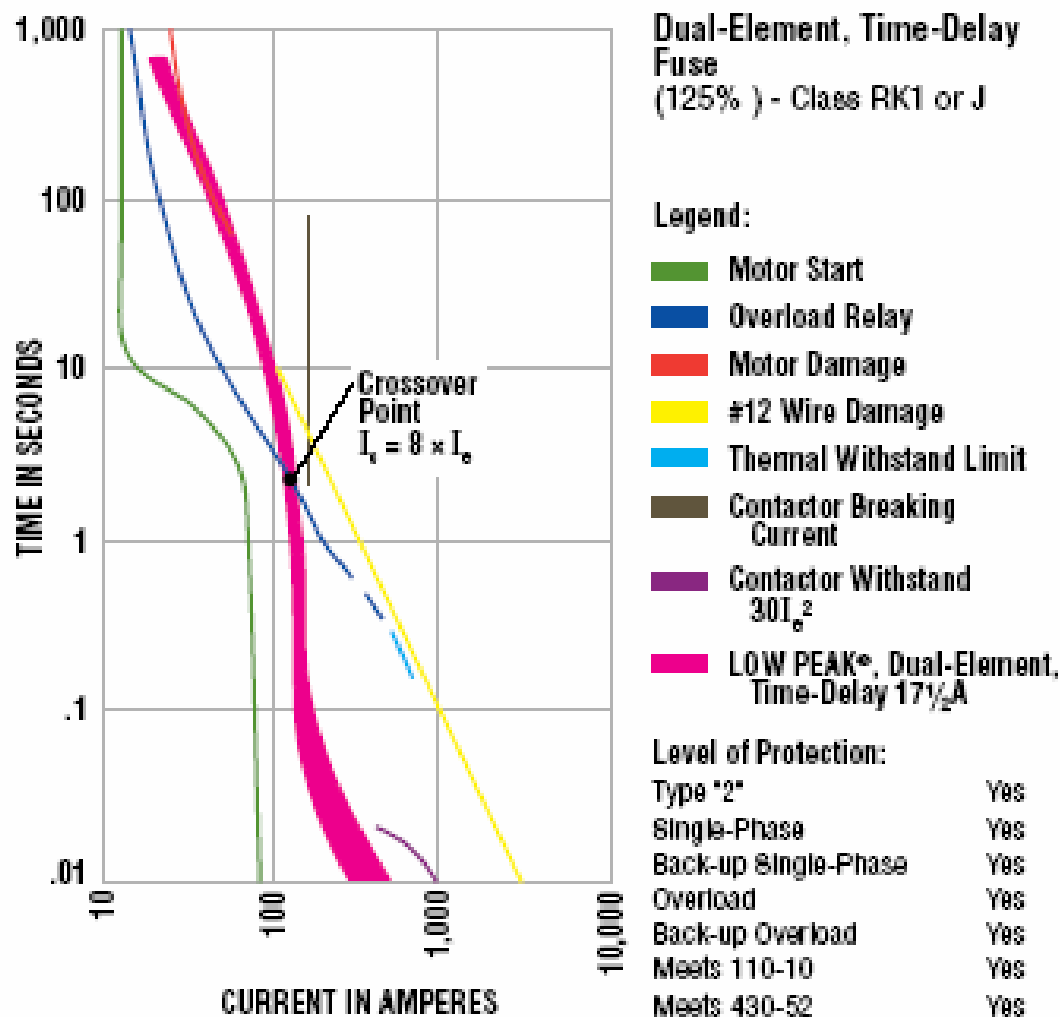


En caso de fallar el rele de sobre carga, se puede notar que el fusible sirve como relevo (Back up) del rele.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



Protección de motor con fusible (Dual element fuse) y sobre corriente IEC con arranque 115%

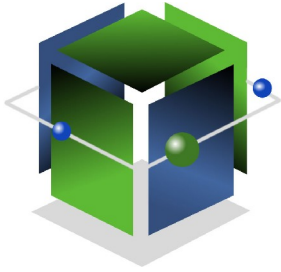


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

NO SIEMPRE LOS AJUSTES MÁXIMOS RECOMENDADOS SON LA MEJOR SELECCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORES. SI EL MOTOR ES MAYOR DE LOS 20 HP , RECOMIENDO VERIFICAR LAS CURVAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CON RESPECTO A LAS CURVAS DE ARRANQUE Y DAÑOS DEL MOTOR.

EL MOTOR ELÉCTRICO ES UNO DE LOS EQUIPOS MAS DÉBILES EXISTENTE EN UN SISTEMA.

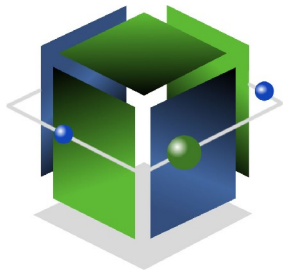


- **Otros Tipos de Protección**

Condiciones anormales existen en los sistemas eléctricos tales como voltajes pico transitorios, altas y bajas frecuencias, armónicos, bajos y altos voltajes y monofásicos. Toda esta situación le reducen la vida a los motores eléctricos al incrementar su temperatura trabajando bajo estas condiciones.

Históricamente las causas de las fallas de los motores son atribuibles principalmente a lo siguiente:

- | | |
|-----------------|-----|
| ✓ Sobre cargas | 30% |
| ✓ Contaminación | 19% |
| ✓ Monofásico | 14% |

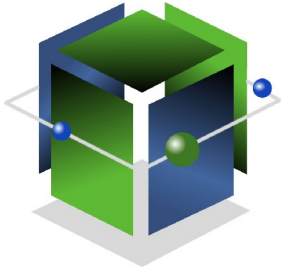


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Fallas de rolineras y/o cojinetes	13%
✓ Años de Servicio.	19%
✓ Fallas en el rotor	5%
✓ Fallas varias.	9%
Total	100%

De esta data puede notarse que el 44% de las fallas (Sobre cargas y fallas monofásicas) son problemas relacionados por sobre temperatura.



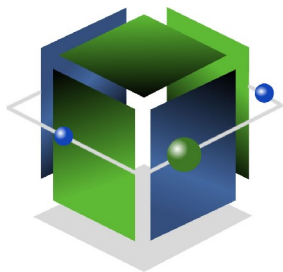
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

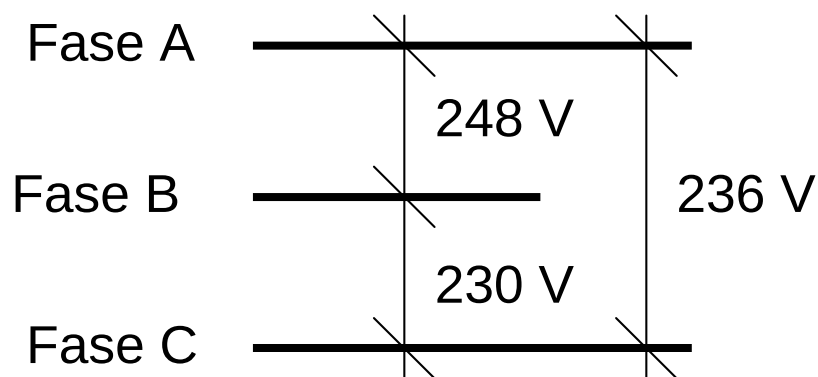
✓ Protección Des balance de Fases (47).

El propósito de esta protección es prevenir sobre calentamiento en el estator y rotor del motor por des balance de voltaje y/o falla monofásica, las cuales generan corrientes de secuencia negativa que tienden a producir un par negativo en el rotor ocasionando altas corrientes y altas temperaturas en el motor.

La NEMA recomienda 1% como máximo des balance para motores y generadores.



✓ Ejemplo cálculo del des-balance.



$$V_{promedio} = \frac{248 + 230 + 236}{3} = 238V$$

$$\%V_{desbalance} = \frac{V_{mayor} - V_{promedio}}{V_{promedio}} 100\% = \frac{248 - 238}{238} 100 = 4.2\%$$

$$\%V_{elevación temp.} = 2(\%V_{desbalance})^2 = 2(4.2)^2 = 35.30\%$$



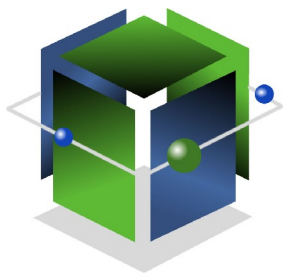
Clase de aislamiento para motores.
(Máxima temperatura de Operación).

Clase A - -----	105°C	(40+65)
Clase B - -----	130°C	(40+90)
Clase F - -----	155°C	(40+115)
Clase H - -----	180°C	(40+140)

Si el motor tiene una clase de aislamiento tipo A,
¿Qué pasaría si trabaja con un desbalance del
4.2%.

$$65^{\circ}C * 1.3530 = 87.94^{\circ}C$$

$$T_{\text{maxima}} = 40 + 87.94 = 127.94^{\circ}C > 105^{\circ}C$$



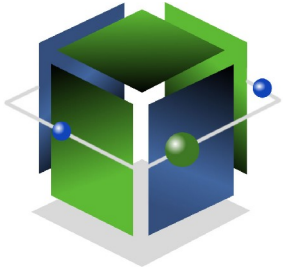
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Para evitar el daño prematuro del aislamiento habría que reducirle la carga del motor al 82% de su nominal, según tabla abajo mostrada.

DESBALANCE %	% CAPACIDAD NOMINAL DEL MOTOR
1	98
2	95
3	88
4	82
5	75

Estos valores son aproximados, para valores mas precisos consultar con el fabricante.



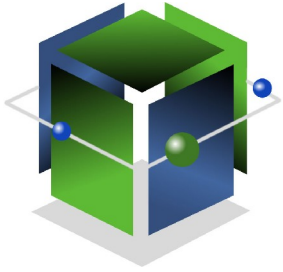
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Protección de Bajo Voltaje (27).

Esta protección normalmente monitorea las tres fases en cuanto al nivel de voltaje. Un motor con bajo voltaje tiende a incrementar su valor de corriente ya que el torque desarrollado en el motor es proporcional al cuadrado del voltaje ($T=V^2K$). La misma puede ser temporizada o instantanea.

Usualmente se ajusta al 85 % del valor del voltaje de línea.



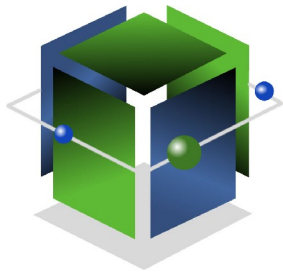
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Termostato.

El propósito de este dispositivo es detectar las temperaturas altas del motor en el estator antes de la ocurrencia de cualquier daño en el mismo. Normalmente instalado en motores desde 10 HP hasta 200 HP 460V.

Los termostatos son bi-metálicos, normalmente cerrados que operan a una sola temperatura.

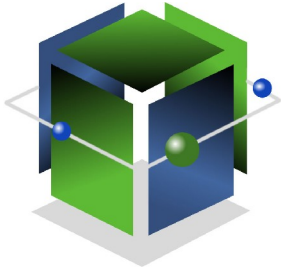


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

- **Protección Sobre de Corriente Motores MT 3Φ.
(2300 V – 13200 V).**

En principio, la protección para estos motores es similar a la de los motores de BT, pero requieren de mayor estudio y cuidado. Por estar más cercanos al sistema de transmisión son mas susceptibles a las variaciones de voltaje y los picos de tensión producidos por descargas atmosféricas, re cerres y fallas en esos sistemas. Por utilizar mayores tensiones y los consumos son elevados requieren de TP`s y TC´s.



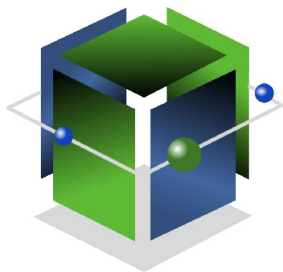
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

- **Protección Sobre de Corriente Motores MT 3Φ.**

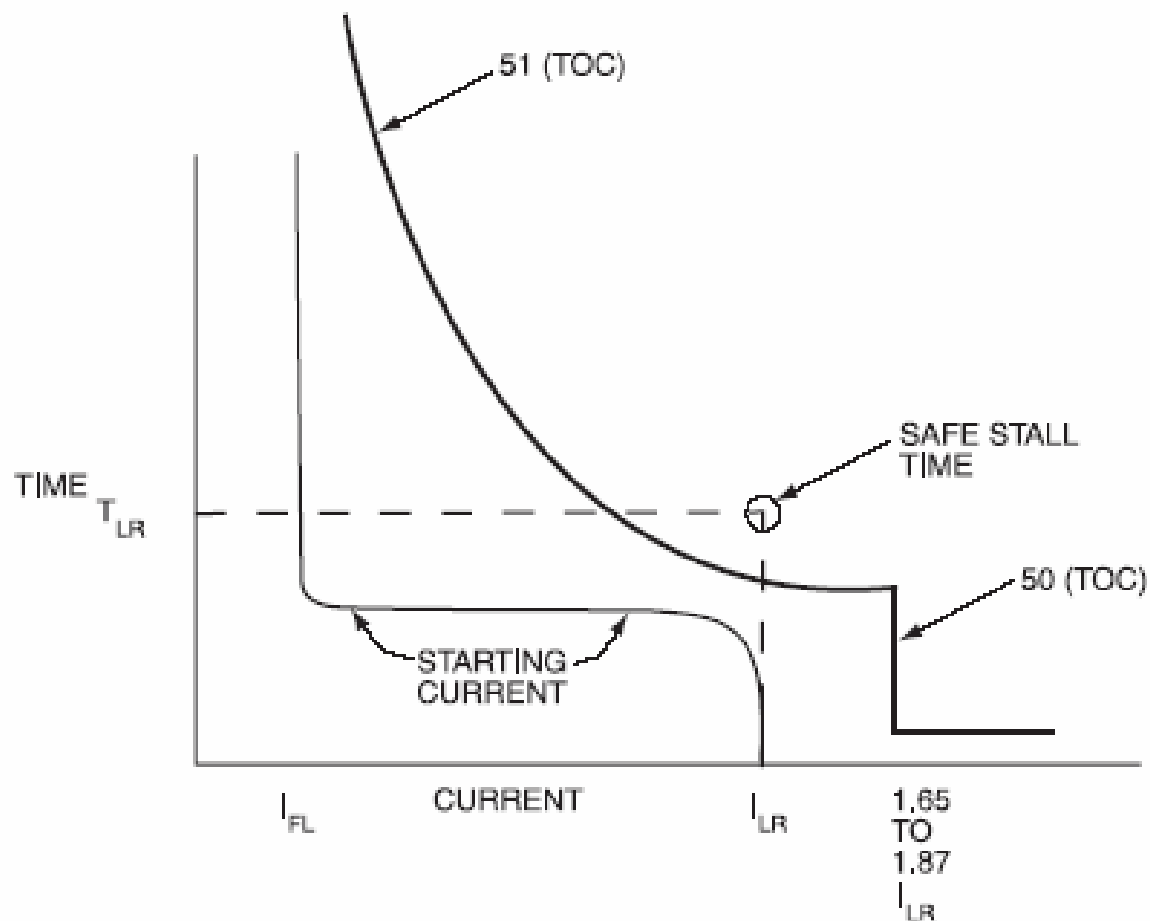
En las siguientes figuras se muestran varias protecciones típicas de sobre corrientes, formadas por rele de sobre carga (49), rele de sobre corriente 51 y rele instantaneo. Normalmente estas protecciones se usan en las tres fases, alimentadas cada una por un TC, utilizando el arranque para el temporizado entre el 110% al 115%. Algunos diseñadores utilizan solamente dos fases.

Para estos motores tanto la curva de daño como la curva de arranque debe solicitarse al fabricante.

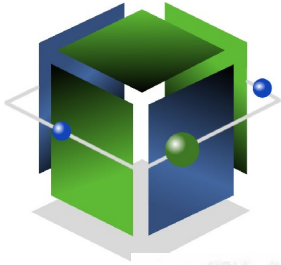


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

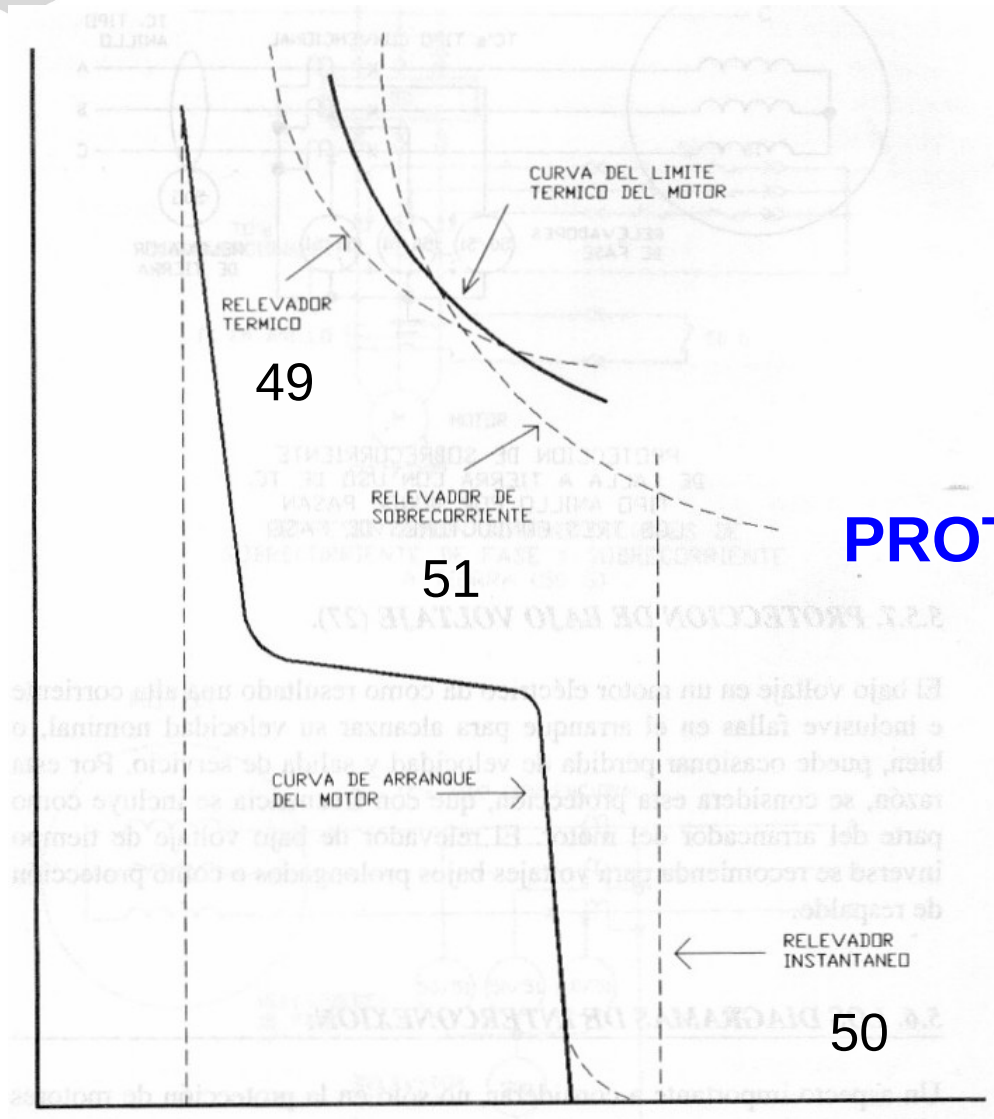


PROTECCION TÍPICA 51/50

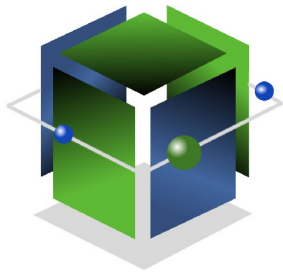


SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



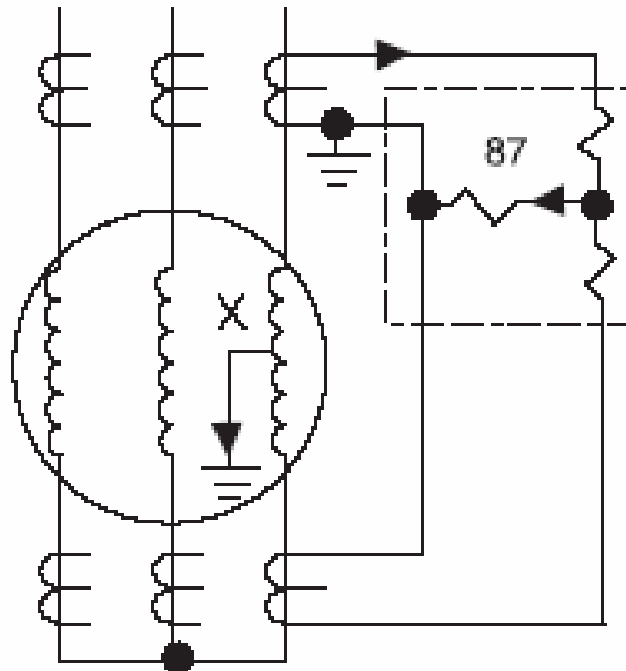
PROTECCION TÍPICA 49, 51/50

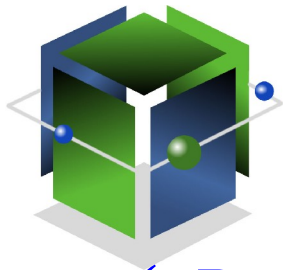


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

- Otros Tipos de Protección
- ✓ Protección Diferencial.



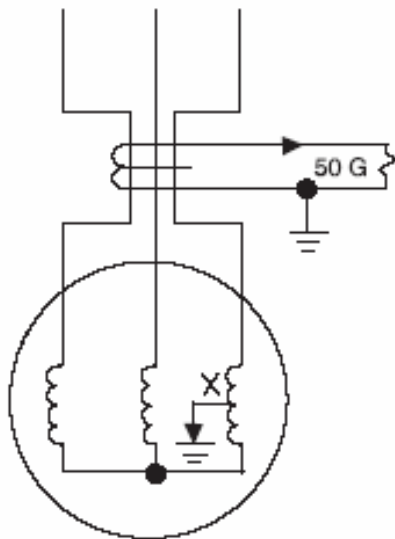


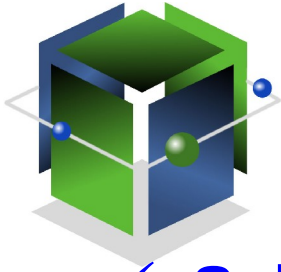
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Protección falla a tierra.

Para motores de mediana tensión, el sistema de puesta a tierra debe ser a través de resistencia, y se utiliza dispositivo de protección 50G, el mismo debe operar para una falla en el rango de 10 a 30 A, con tiempo de retardo en caso de utilizar protección de sobre tensión transitorias.





SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

✓ Sobre Temperatura en el arrollamiento.

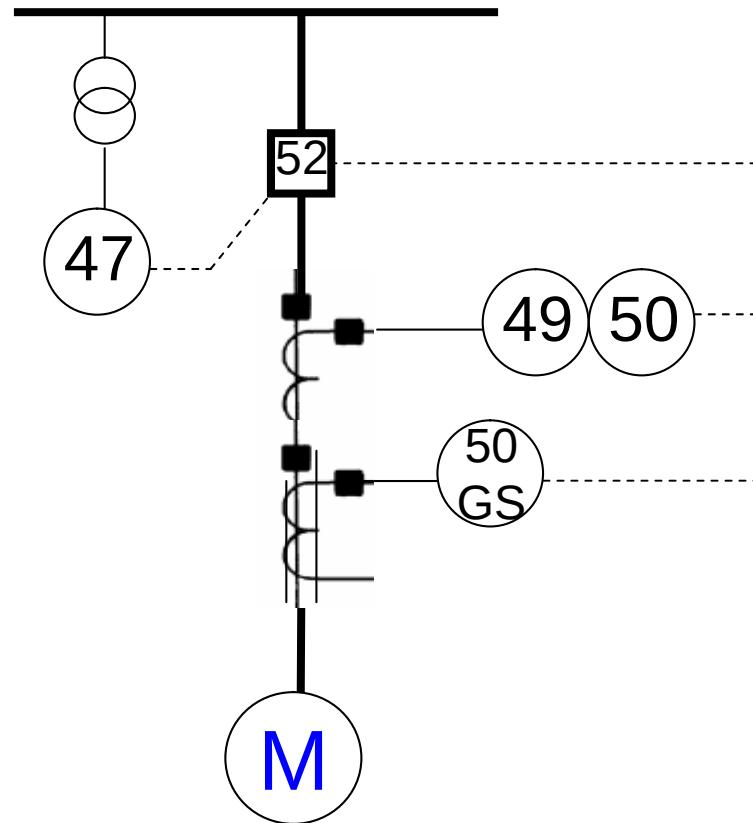
Al igual que los motores de BT, el propósito de esta protección es detectar el exceso de calor en el estator antes que se presente daños severos en el mismo. Algunas veces se utilizan dos ajustes, uno para alarma y otro para disparo.

Lo mas común es el uso de los RTD, donde se utilizan hasta 6 en motores por encima de los 400 HP. El tipo normal utilizado es el de 120Ω de platino.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

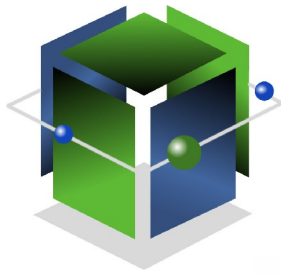
PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



**PROTECCIÓN MÍNIMA
PARA MOTORES MT PEQUEÑOS**



PROTECCIÓN MÍNIMA PARA MOTORES MT GRANDES



7.4 Electric motor and power transformer protection

Electric motor and power transformer protection shall be according to Table 7

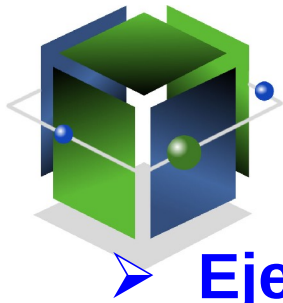
Table 7 - Motor and power transformer protection

Protective function to disconnect supply	Low voltage motor	High voltage motor
Overload	X	X
Shortcircuit	X	X
Earth fault	X	X
Differential protection		
RTD, temp. high		X ^a
RTD, temp. high-high		X ^b
Stalled rotor	X ^c	X
No. of start attempts/thermal state		X
Negative sequence		X

^a Alarm only.

^b Should the RTD detect overtemperature in motors driving firewater pumps

RECOMENDACIÓN MÍNIMA DE PROTECCIÓN



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

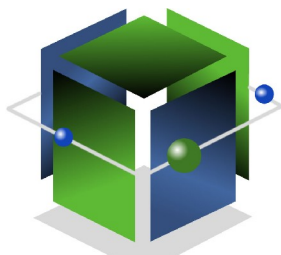
Ejercicio 1.

Si consideramos un motor con las siguientes características:

Motor de Inducción.

300 HP / 2.4 kV / FS 1.15

1. Calcular la corriente nominal si asumimos que $1\text{HP}=1\text{ kVA}$, la corriente de rotor bloqueado y la corriente de corta duración transitoria.
2. TC necesario
3. Seleccionar la protección de sobre carga según tabla mostrada en la siguiente página..
4. Verificar si el instantáneo en la misma tabla es satisfactorio.

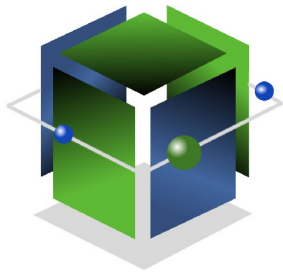


SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

CARGA NOMINAL FS: 1		CARGA NOMINAL FS: 1.15		RANGO NOMINAL CALENTADOR	UNIDAD INSTANTANEA
MIN	MAX	MIN	MAX		
2.29	2.54	2.10	2.33	2.63	10 – 40
2.55	2.74	2.34	2.52	2.93	10 – 40
2.75	3.11	2.53	2.85	3.16	10 – 40
3.12	3.68	2.86	3.38	3.58	10 – 40
3.69	4.10	3.39	3.77	4.24	20 – 80
4.11	4.50	3.78	4.14	4.73	20 – 80
4.51	4.95	4.15	4.56	5.19	20 – 80
4.96	5.49	4.57	5.05	5.71	20 – 80
5.50	6.09	5.06	5.60	6.33	20 -80

RANGO DE PROTECCIÓN DE SOBRE CORRIENTE



1)

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} * kV}$$

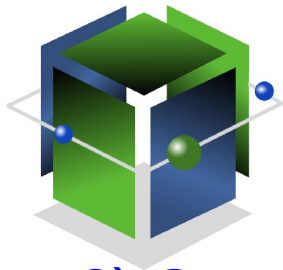
$$I_n = \frac{300}{\sqrt{3} * 2.4} = 72 \text{ A}$$

$$I_{rb} = I_n * 6 = 72 * 6 = 432 \text{ A}$$

$$I_{trans.} = 1.65 I_{rb} = 1.65 * 432 = 713 \text{ A}$$

Para efectos de ajuste del instantáneo se da un margen del 10%

$$I_{ajusteinst.} = 713 * 1.10 = 784 \text{ A}$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

2) Como TC podríamos seleccionar 100/5 como mínimo o máximo 150/5 en función a la corriente nominal de 72 A.

Digamos que seleccionamos el 100/5= 20.

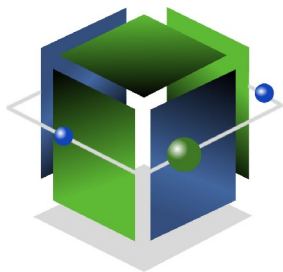
3)

$$I_{sectc} = \frac{72}{100 / 5} = 3.6A$$

Según tabla se selecciona el rango nominal de **4.24 A** para la protección de sobre carga.

4)

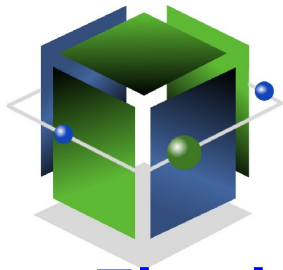
$$I_{ajust.inst,sec.tc} = \frac{784}{100 / 20} = 39.2 < 80 \quad \text{ok}$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LÍNEA
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

CARGA NOMINAL FS: 1		CARGA NOMINAL FS: 1.15		RANGO NOMINAL CALENTADOR	UNIDAD INSTANTANEA
MIN	MAX	MIN	MAX		
2.29	2.54	2.10	2.33	2.63	10 – 40
2.55	2.74	2.34	2.52	2.93	10 – 40
2.75	3.11	2.53	2.85	3.16	10 – 40
3.12	3.68	2.86	3.38	3.58	10 – 40
3.69	4.10	3.39	3.77	4.24	20 – 80
4.11	4.50	3.78	4.14	4.73	20 – 80
4.51	4.95	4.15	4.56	5.19	20 – 80
4.96	5.49	4.57	5.05	5.71	20 – 80
5.50	6.09	5.06	5.60	6.33	20 -80

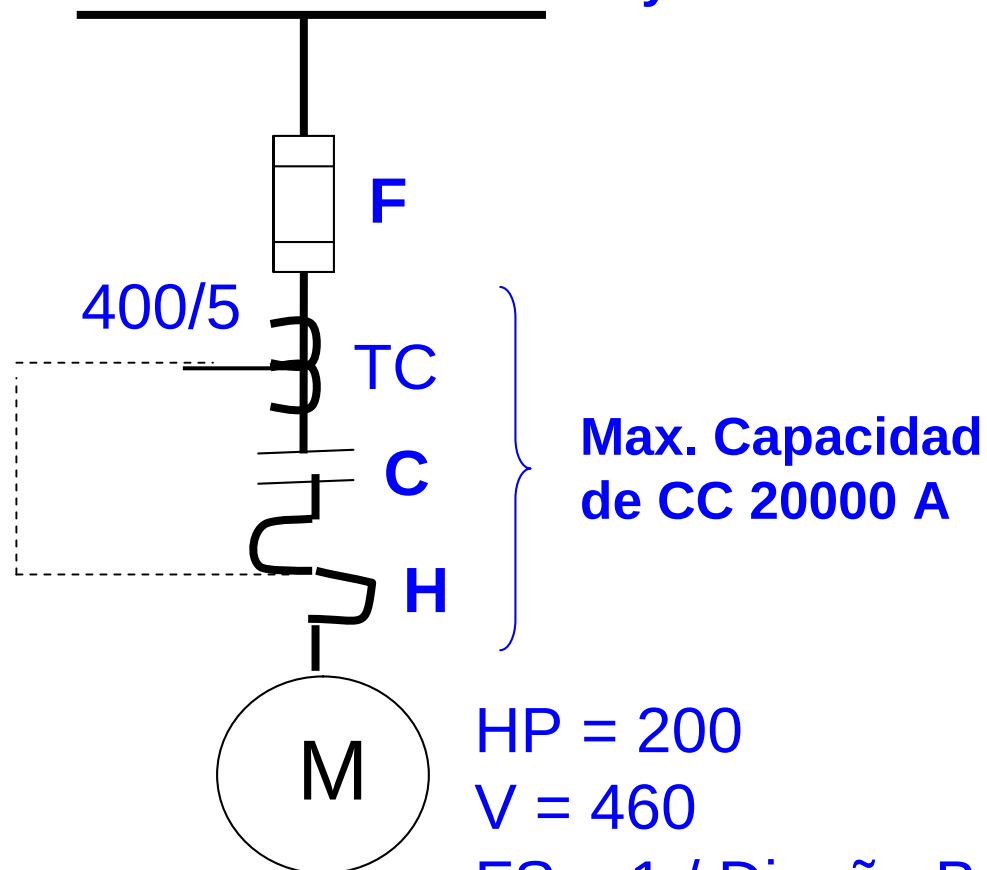


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Ejercicio No. 2.

$I_{cc.sym} = 50000 \text{ A}$



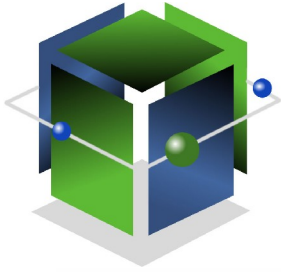
HP = 200

V = 460

FS = 1 / Diseño B

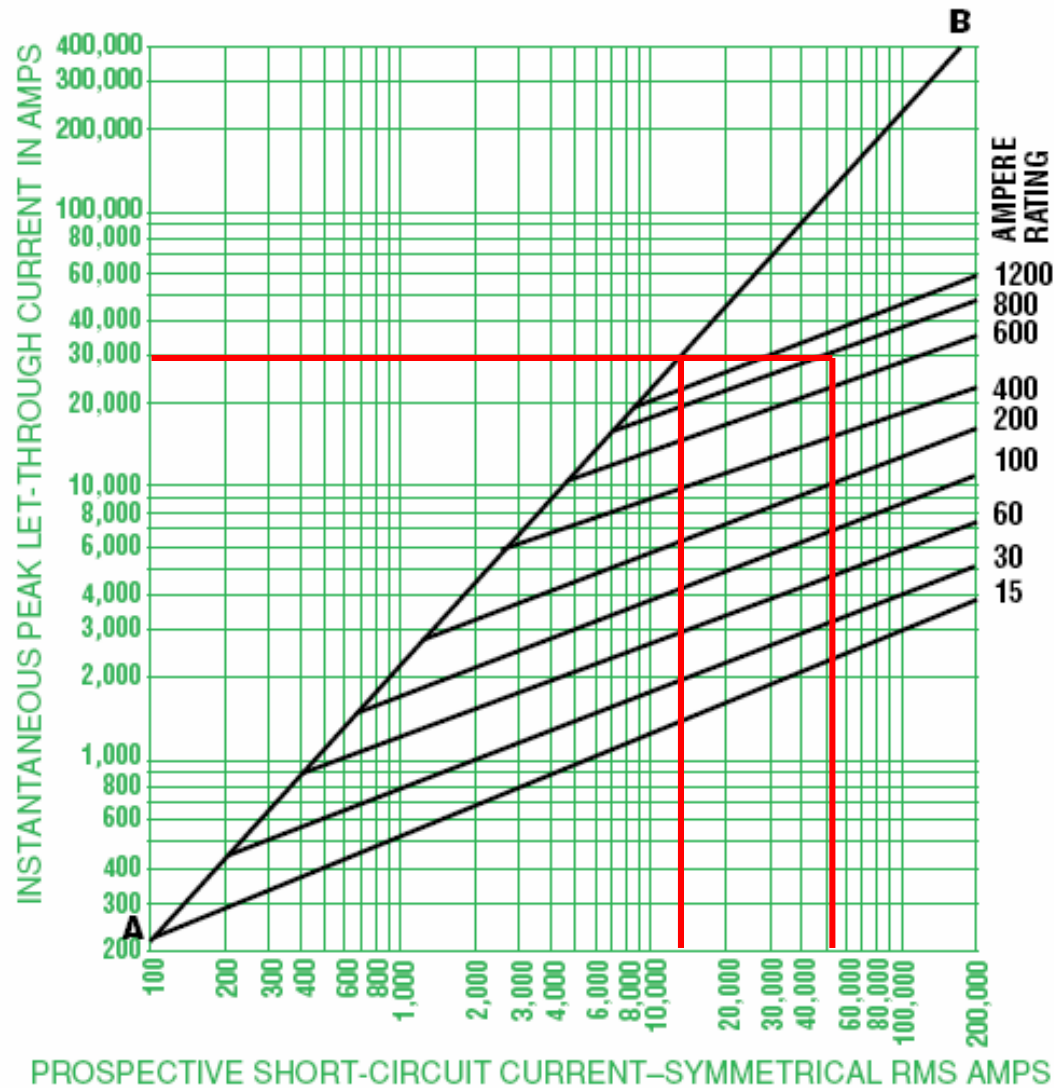
Se asume $1\text{kVA} = 1\text{HP}$

Determinar **a.** el fusible limitador según gráfica de la siguiente páginas y el NEC, **b.** el TC y **c.** el calentador utilizando la tabla de sobre carga mostrada después de la gráfica del fusible.

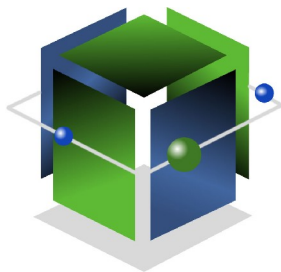


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN



FUSIBLE LIMITADOR
15 A 1200 A
(Dual element fuse)

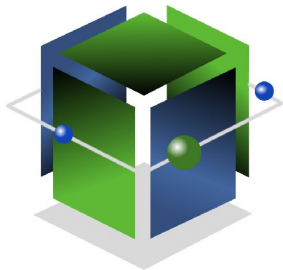


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

CARGA NOMINAL FS: 1		CARGA NOMINAL FS: 1.15		RANGO NOMINAL CALENTADOR
MAX	MIN	MAX.	MIN	
2.29	2.54	2.10	2.33	2.63
2.55	2.74	2.34	2.52	2.93
2.75	3.11	2.53	2.85	3.16
3.12	3.68	2.86	3.38	3.58
3.69	4.10	3.39	3.77	4.24
4.11	4.50	3.78	4.14	4.73
4.51	4.95	4.15	4.56	5.19
4.96	5.49	4.57	5.05	5.71
5.50	6.09	5.06	5.60	6.33

PROTECCIÓN DE SOBRE CARGA



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

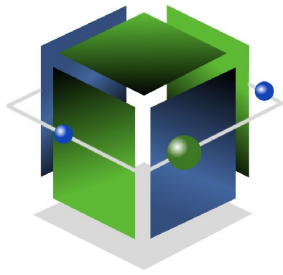
a. Fusible.

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} * kV} = \frac{200}{\sqrt{3} * 0.46} = 251$$

$$I_{sc.protc.nec} = 251 * 2.75^* = 690A$$

Se selecciona el de 800 A (El inmediato superior) quién limita la corriente a **13.000 A** simétrico, por debajo de los **20000 A**.

* Según 430.52



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE MOTORES DE INDUCCIÓN

b. TC

Si la corriente nominal es 251 A podemos seleccionar un TC 400/5.

c. Protección de Sobre Carga.

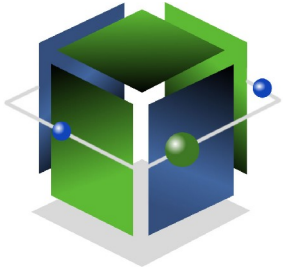
$$I_{n.sec.tc} = \frac{251}{400 / 5} = 3.14A$$

Se selecciona el 3.58 A con el TC 400/5



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE CABLES

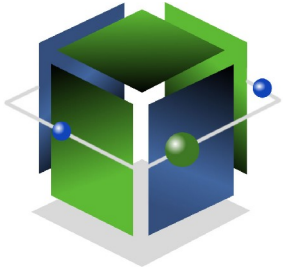


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE CABLES

Los cables, como todo en este planeta, son equipos mortales que unen todos los dispositivos eléctricos en un sistema de control, distribución y/o transmisión. Si el sistema de cableado es inadecuadamente protegido, inevitablemente el resultado sería una operación no satisfactoria.

Los cables de hoy en día son muy superiores en diseño y eficiencia a los diseños de hace quince años atrás, pero sin embargo no son ilimitados en la transmisión de potencia, por lo tanto necesitan su protección adecuada para prevenir daños en el mismo.



Los cables son generalmente clasificados como cables de potencia y cables de control. Según su tensión los primeros se dividen en dos clases menores e igual a 600 V y mayores a 600 V.

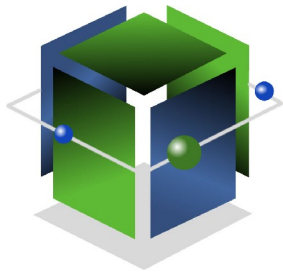
A mayor potencia y voltaje, el riesgo de daño aumenta. La alta temperatura debido a las sobre cargas, la no coordinación de protecciones y las cargas no lineales son las causas más frecuentes de deterioro o reducción de vida del cable.



➤ CABLES BT (≤ 600 V)

- **Protección de Sobre Corriente.**

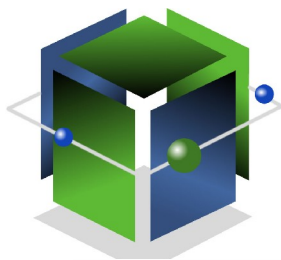
La protección de sobre corriente para cables y cualquier otro dispositivo eléctrico, es para desconectar a dichos equipos del sistema eléctrico en caso de que la corriente alcance valores por encima de la capacidad nominal, esta magnitud de corriente genera altas temperaturas que causan daños severos en el aislamiento del cable..



✓ CODIGO ELECTRICO NACIONAL (NEC).

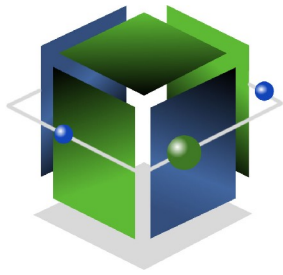
El articulo 240.4 (Protección de conductores ≤ 600 V reza lo siguiente:

Conductores, obviando cables flexibles y cordones, deberían protegerse de las sobre corrientes de acuerdo con la capacidad especificada en la tabla 310.15, o según lo permitido o requerido en 240.4 de A a G (Bombas apaga fuego, dispositivos iguales o menores a 800 A, dispositivos mayores a 800 A, conductores menores a 25 A, conductores en derivación, aplicaciones muy específicas etc.)



Conductor	Article	Section
Air-conditioning and refrigeration equipment circuit conductors	440, Parts III, VI	
Capacitor circuit conductors	460	460.8(B) and 460.25(A)–(D)
Control and instrumentation circuit conductors (Type ITC)	727	727.9
Electric welder circuit conductors	630	630.12 and 630.32
Fire alarm system circuit conductors	760	760.23, 760.24, 760.41, and Chapter 9, Tables 12(A) and 12(B)
Motor-operated appliance circuit conductors	422, Part II	
Motor and motor-control circuit conductors	430, Parts III, IV, V, VI, VII	
Phase converter supply conductors	455	455.7
Remote-control, signaling, and power- limited circuit conductors	725	725.23, 725.24, 725.41, and Chapter 9, Tables 11(A) and 11(B)
Secondary tie conductors	450	450.6

APLICACIONES ESPECÍFICAS

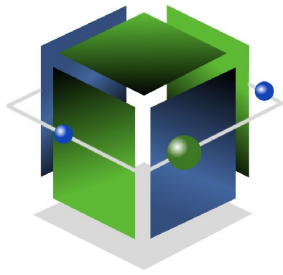


➤ **Ejemplo 1** (Utilizando las aplicaciones específicas), determinar el tamaño del cable de alimentación para un motor de inducción 200 HP, 460 V 3 Φ .

Si utilizamos la aplicación de motores, el NEC nos manda a revisar el artículo 422 parte II, el cual nos indica ir la artículo 430.22 parte II que menciona lo siguiente:

430.22 Single Motor.

(A) General. Branch-circuit conductors that supply a single motor used in a continuous duty application shall have an ampacity of not less than 125 percent of the motor's full-load current rating as determined by 430.6(A)(1).



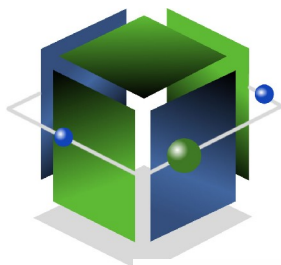
430-22. Un solo motor.

(a) Disposiciones generales. Los conductores de un circuito ramal que alimenten un solo motor, deben tener una capacidad de corriente no menor que el 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.



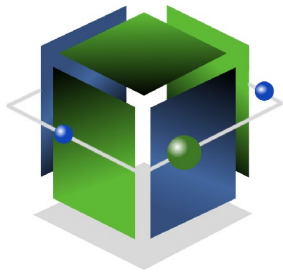
Según tabla 430.150 del mismo código, indica que el motor consume 240 amperios, que si se le agrega el 25%, como lo reza el artículo 430.22, habría que buscarse un cable que soporte 300 amperios. Para este caso pueden ser un 300 MCM 90 °C o un 350 MCM 75° C. Las capacidades de los cables se indican en la siguiente tabla 310.13 del NEC.

Para protección temporizada se utilizaría un fusible o interruptor de 300 amperios.



Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13.)						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500

**CAPACIDAD DE CORRIENTE CABLES AISLADOS 0-2000 V
TRES CONDUCTORES TEMP. AMBIENTE 30°C**



El estándar de rangos de corriente para fusibles e interruptores según el 240.6 es el siguiente:

15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperios.

El uso de fusibles e interruptores con tiempo inverso y rangos no estándar según listado son aceptados.

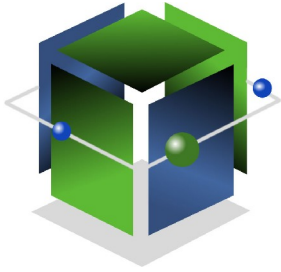


➤ Ejemplo 2

Utilizando la tabla 315 del NEC, determinar el fusible o interruptor estándar para la protección de un cable 500 MCM de cobre con un aislamiento de 90° C.

Solución.

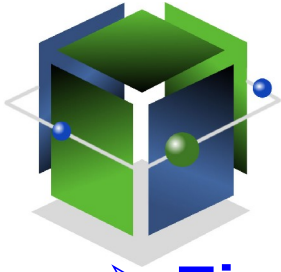
El cable 500 MCM 90° C tiene una capacidad de 430 A. Utilizando los rangos estándar se selecciona el de 450 A, que puede ser un fusible o interruptor.



- **Protección de Corto Circuito.**

El crecimiento de la generación a raíz del crecimiento de las cargas, han resultado en la aparición de grandes magnitudes de fallas de corto circuitos. Esto genera altas temperaturas en el aislamiento de los cables lo que causa serios daños que a su vez reducen sustancialmente la vida de los cables.

En razón a lo anterior se ha establecido que para los cables con aislamiento de papel y goma se le permita una temperatura máxima de 200° C y para los termoplástico 150° C

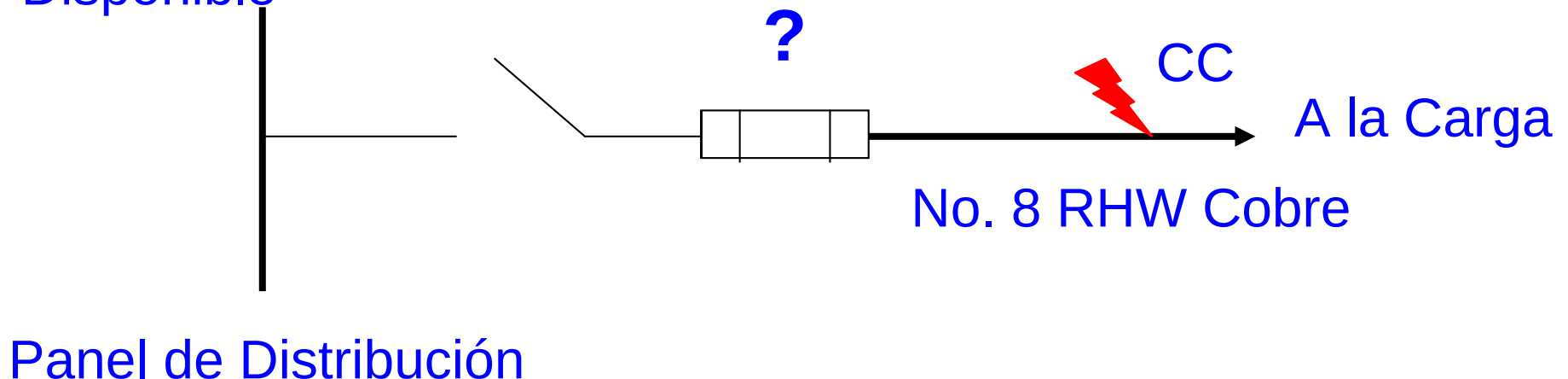


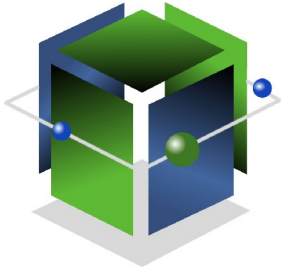
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE CABLES

➤ **Ejemplo 1.** Si se nos presenta el caso de la figura de abajo ¿ Como hacemos para proteger el conductor de cobre No. 8 RHW 75° C ?

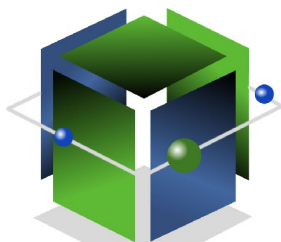
CC 40000 A RMS
Disponible





Según tabla 310.13 del NEC, el cable 8 RHW (75° C) tiene una capacidad de 50 amperios nominal, y soporta, como lo muestra la siguiente página, 9600 amperios simétricos RMS en ½ ciclo y 3900 amperios en tres ciclos.

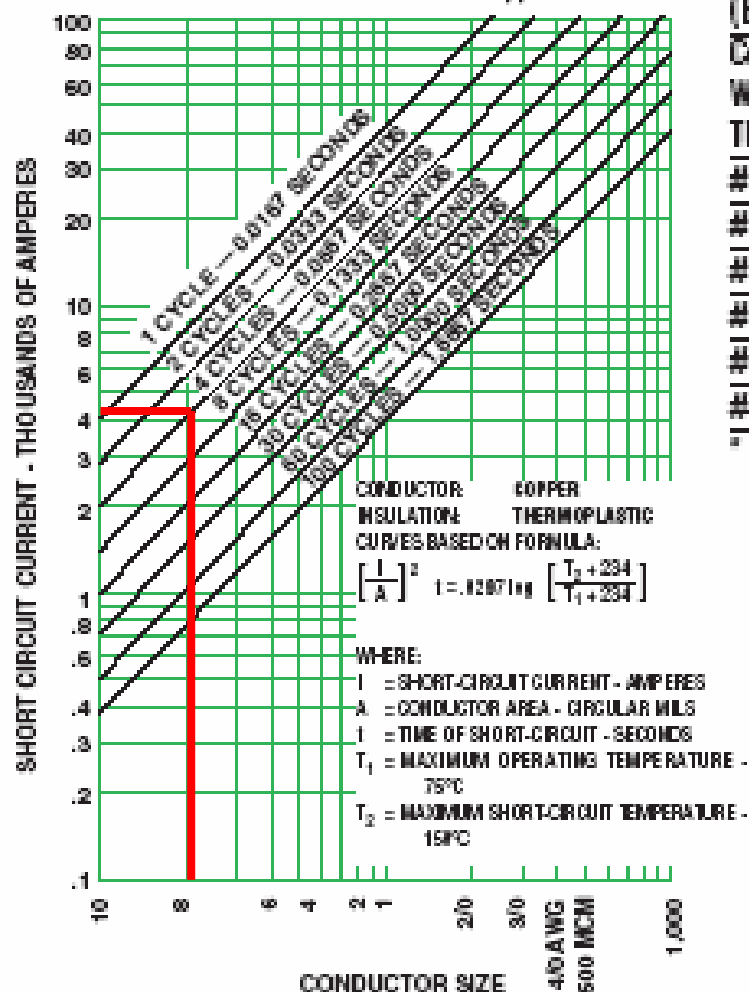
Con un CC disponible de 40000 A RMS simétrico en el panel de distribución, no es posible proteger al cable con un fusible o interruptor normal de 50 amperios, ya que el cable solamente soporta 3900 A en tres ciclos, muy por debajo de los 40000 A simétricos.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE CABLES

Short-Circuit Current Withstand Chart for Copper Cables with Thermoplastic Insulation
Allowable Short-Circuit Currents for Insulated Copper Conductors*



Copper, 75° Thermoplastic Insulated Cable Damage Table
(Based on 60 HZ)

Copper	Maximum Short-Circuit Withstand Current in Amperes					
Wire Size 75°C	1/8	1/4	1/2	1	2	3
Thermoplastic	Cycles*	Cycles*	Cycles*	Cycle	Cycles	Cycles
#14*	4,800	3,400	2,400	1,700	1,200	1,000
#12*	7,600	5,400	3,800	2,700	1,900	1,550
#10	12,000	8,500	6,020	4,300	3,000	2,450
#8	19,200	13,500	9,600	6,800	4,800	3,900
#6	30,400	21,500	16,200	10,800	7,600	6,200
#4	48,400	34,200	24,200	17,100	12,100	9,900

* Extrapolated data.

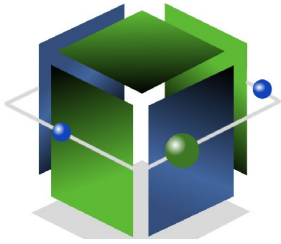
**CAPACIDAD DE CC PARA CABLES
DE COBRE 75° c**



Habría que aumentarse el tiempo de disparo si no utilizamos protección limitadora.

Para la selección del fusible limitador, mostrado en la siguiente página, tomamos el de 60 amperios (inmediato superior al de 50 A).

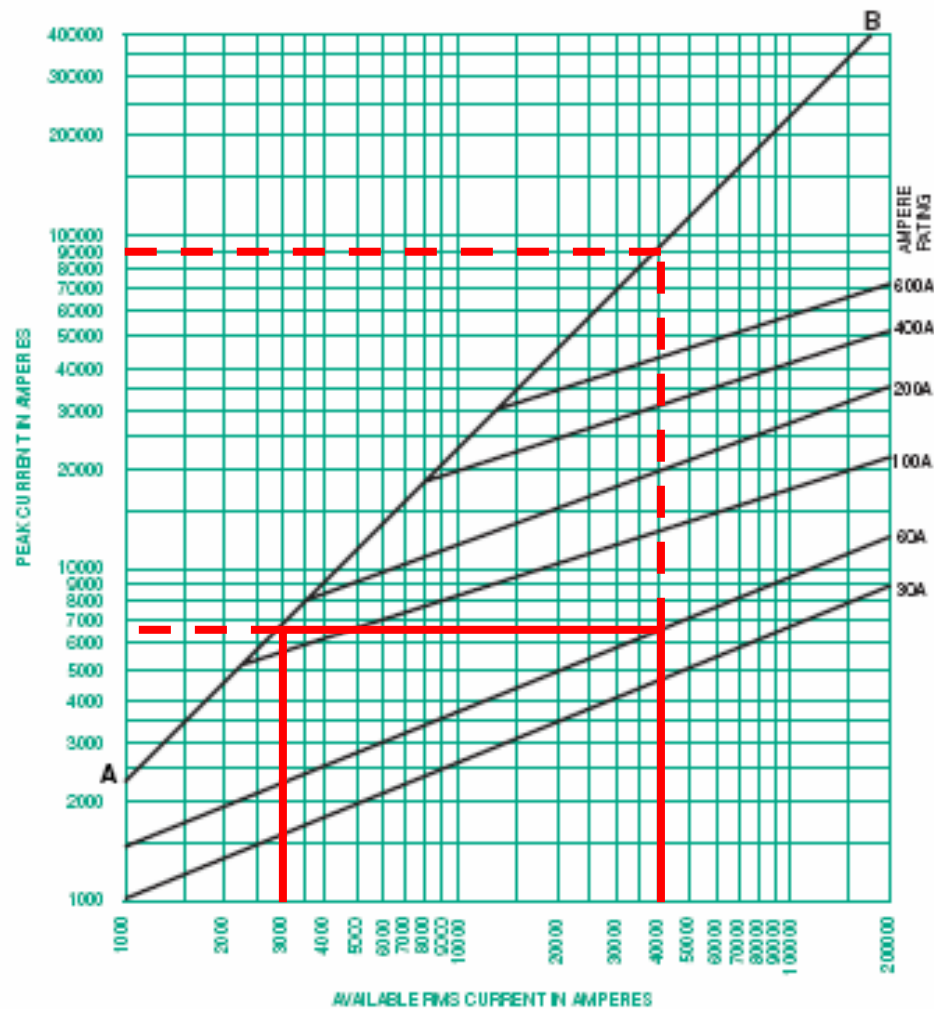
Este fusible limita la corriente a 3000 amperios en $\frac{1}{2}$ ciclo (**Menor a los 3900 A que aguanta el cable en $\frac{1}{2}$ ciclo**) o lo que es lo mismo permite la circulación de corriente de 3000 A durante $\frac{1}{2}$ ciclo.



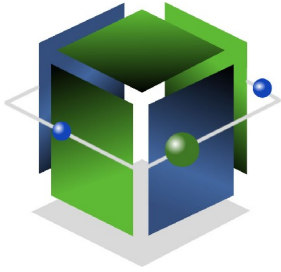
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE CABLES

FUSETRON® Class RK5 Dual-Element Time-Delay Fuses
FRS-R



**FUSIBLE LIMITADOR
FUSETRON**



➤ CABLES MT (> 600 V)

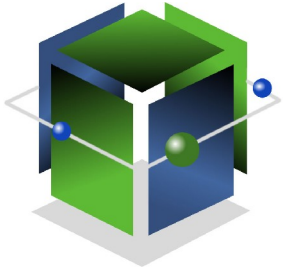
- **Protección de Sobre Corriente.**

El artículo 240.100 1C del NEC, menciona que el tiempo de operación del dispositivo de protección, la disponibilidad de corto circuito y el uso del conductor deben coordinar de manera de prevenir daños por temperatura en el aislamiento del conductor bajo condiciones de corto circuito.



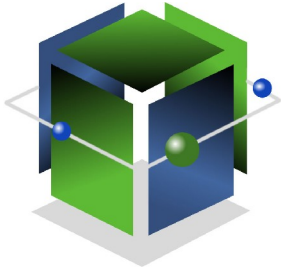
El artículo 240.101 del NEC reza lo siguiente:

La capacidad continua de un fusible no debe exceder tres veces la capacidad del cable. El ajuste del disparo temporizado (Long time trip) del interruptor no debe exceder seis veces la capacidad del cable. Para la alimentación de bombas apaga fuego, los cables se protegerán por sobre corriente únicamente según 695.4 (B).



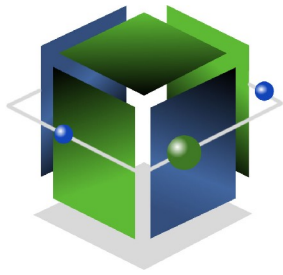
➤ Ejercicio 1

Si se tiene un motor de inducción 40 hp 460 V 3 Φ , determinar el tamaño del conductor del alimentador y su protección si el CC disponible en el MCC es de 50000 amperios simétricos.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

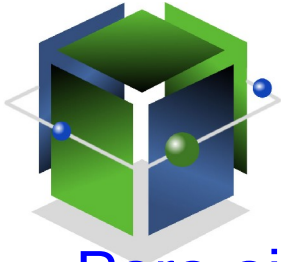
PROTECCIÓN DE BARRAS



Las barras e interruptores son parte del sistema de potencia, usados para distribuir el flujo de energía a través de los alimentadores y aislar aquellos circuitos, en caso de fallas, del sistema de potencia o distribución.

Estas partes están formadas por las barras propiamente dicho, interruptores, fusibles, dispositivos de desconexión, transformadores de corriente TC, transformadores de potencial TP y la estructura donde todos estos equipos están montados.

El término barra en mediana y baja tensión se refiere a la misma barra con su ensamblaje, como ejemplo tenemos el metal clad, el tablero compartimentado, el armario, tablero de BT, ductos de barras y CCM (Centro de Control de Motores).



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

Para aislar una barra bajo falla, todas las salidas y entradas de la misma deben abrirse eléctricamente por interruptores, en repuesta a los relees de protección o por fusibles. Esta desconexión deja sin energía toda la barra afectando todas las cargas conectadas a esta.

A pesar que hoy en día se consiguen estas barras muy bien protegidas como el es el caso del metal clad, las fallas siempre estarán presente, necesitándose siempre el uso de la protección apropiada por medio de los relees y fusibles.

Las fallas solamente se reducen tanto en barras como en otros equipos eléctricos, utilizándolos en el ambiente adecuado, no abusando en cuanto a las capacidades y tener un buen mantenimiento preventivo.



➤ **BARRAS DE BT ≤ 1000 V**

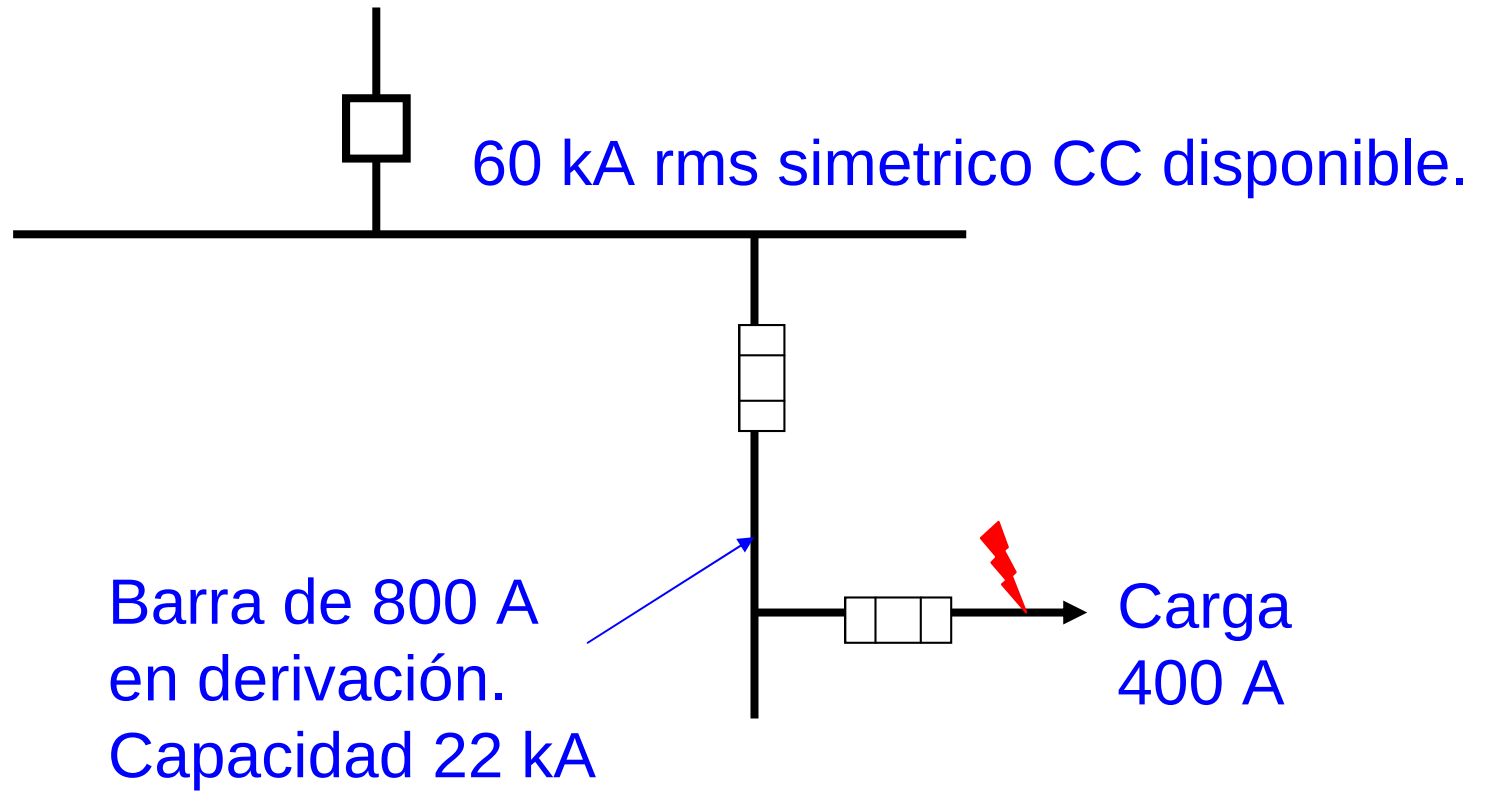
- **Protección de Sobre Corriente**

En sistemas de bajo voltaje, la aplicación mas usual son los interruptores de caja moldeada, interruptores bajo voltaje de gran potencia y fusibles.

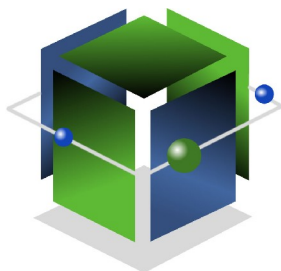
A continuación mostraremos un ejemplo de una barra en derivación de 800 amperios con una salida de 400 amperios.



PROTECCIÓN DE BARRAS



DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN

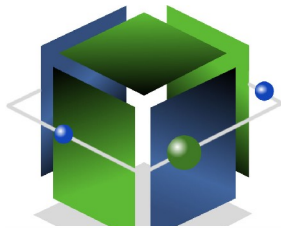


PROTECCIÓN DE BARRAS

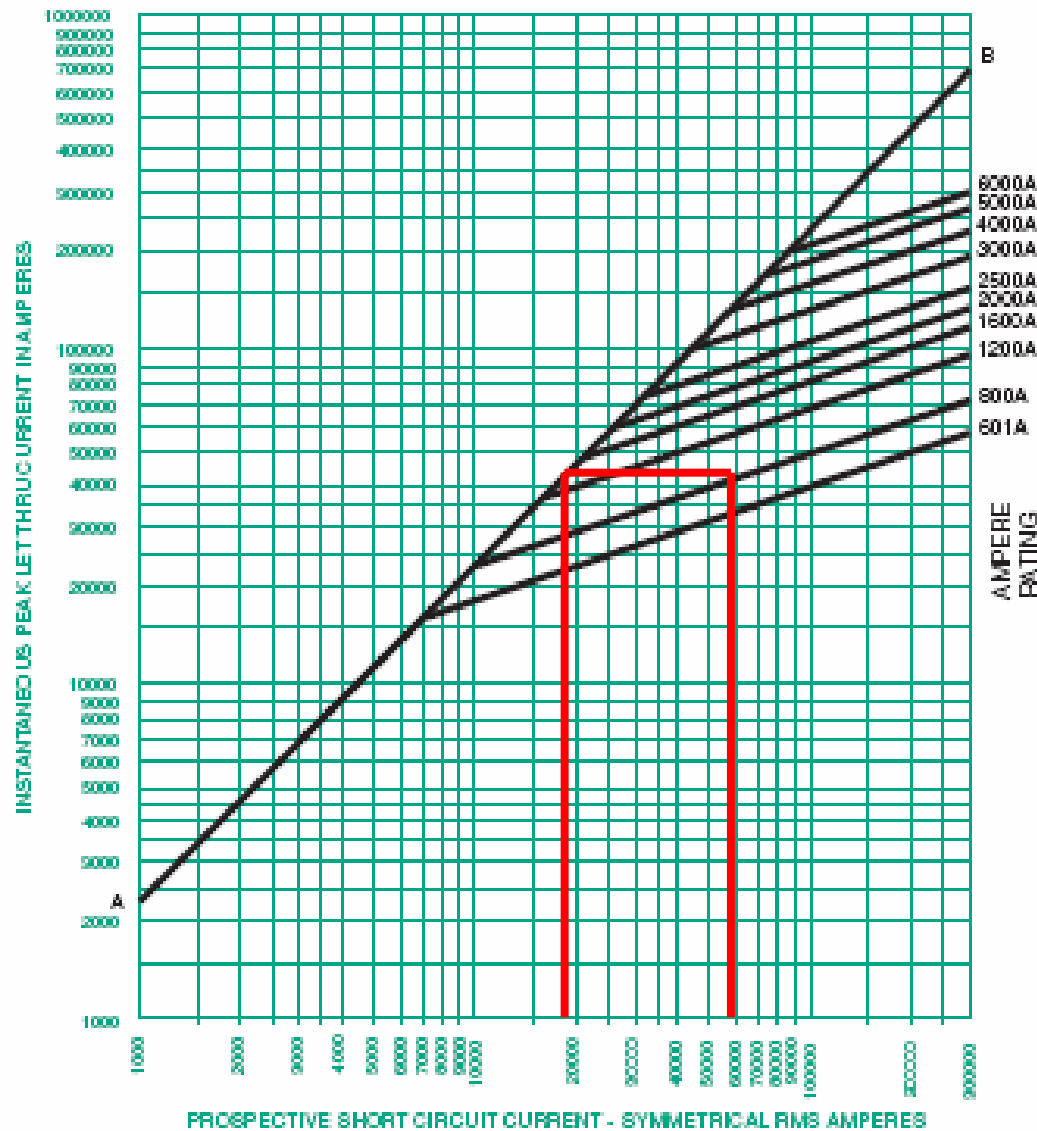
NEMA (Standard Short-Circuit Ratings of Busway)

Continuous Current Rating of Busway (Amperes)	Short-Circuit Current Ratings (Symmetrical Amperes)	
	Plug-In Duct	Feeder Duct
100	10,000	—
225	14,000	—
400	22,000	—
600	22,000	42,000
800	22,000	42,000
1000	42,000	75,000
1200	42,000	75,000
1350	42,000	75,000
1600	65,000	100,000
2000	65,000	100,000
2500	65,000	150,000
3000	85,000	150,000
4000	85,000	200,000
5000	—	200,000

CAPACIDAD DE BARRA

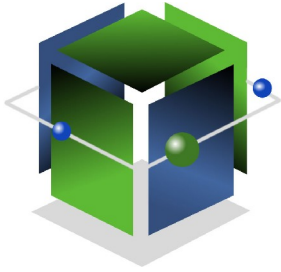


PROTECCIÓN DE BARRAS



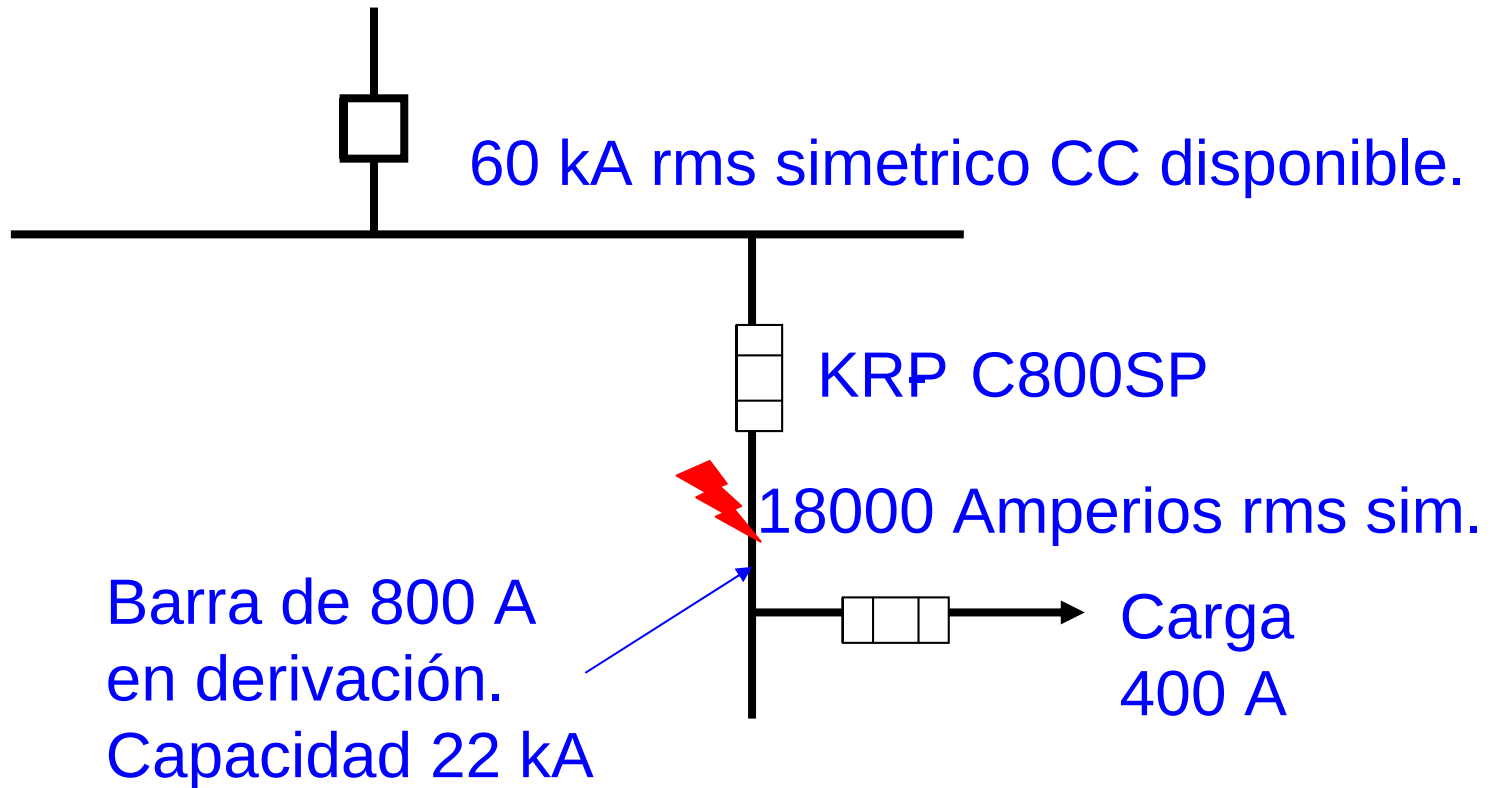
KRP-C_SP Fuse – RMS Let-Through Currents (kA)

Prosp. Short C.C.	Fuse Size									
	601	800	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000
	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}
5,000	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10,000	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15,000	9	12	15	15	15	15	15	15	15	15
20,000	10	13	17	20	20	20	20	20	20	20
25,000	11	14	19	22	25	25	25	25	25	25
30,000	11	14	20	24	27	30	30	30	30	30
35,000	12	15	21	25	29	35	35	35	35	35
40,000	13	16	22	26	30	35	40	40	40	40
50,000	14	17	23	28	32	37	50	50	50	50
60,000	15	18	25	30	34	40	49	60	60	60
70,000	15	19	26	32	36	42	52	62	70	70
80,000	16	20	27	33	38	44	54	65	76	80
90,000	17	21	29	34	39	45	56	67	79	90
100,000	17	22	30	36	41	47	58	70	81	100
150,000	20	25	34	41	47	54	67	80	93	104
200,000	22	27	37	45	51	59	73	87	102	114
250,000	24	29	40	49	55	64	79	94	110	123
300,000	25	31	43	52	59	68	84	100	117	130

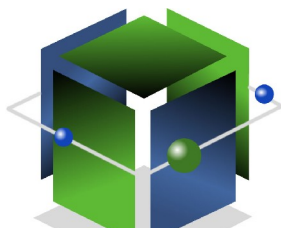


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

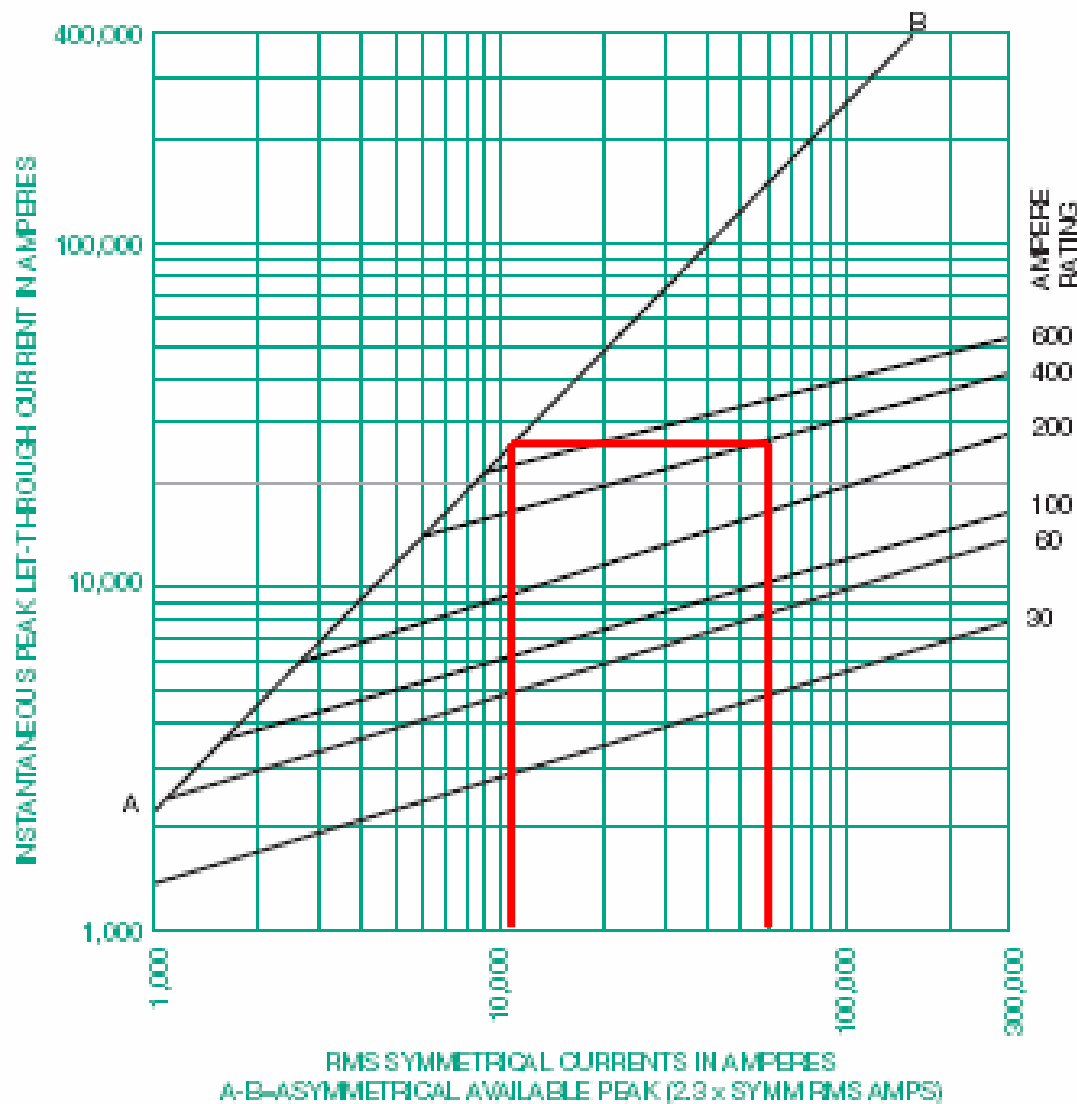


$$18\text{kA} < 22\text{kA}$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS



LPS-RK_SP – RMS Let-Through Currents (kA)

Prosp. Short C.C.	Fuse Size					
	30	60	100	200	400	600
	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}	I_{RMS}
1,000	1	1	1	1	1	1
2,000	1	1	2	2	2	2
3,000	1	1	2	3	3	3
5,000	1	2	2	3	5	5
10,000	1	2	3	4	7	10
15,000	1	2	3	5	8	11
20,000	2	3	3	5	9	12
25,000	2	3	4	6	9	12
30,000	2	3	4	6	10	13
35,000	2	3	4	6	10	13
40,000	2	3	4	6	10	14
50,000	2	3	4	7	11	15
60,000	2	4	5	7	12	15
70,000	2	4	5	8	13	16
80,000	2	4	5	8	13	16
90,000	2	4	5	8	13	17
100,000	2	4	5	9	13	17
150,000	3	5	6	10	15	19
200,000	3	5	6	11	16	21
250,000	3	6	7	12	17	22
300,000	3	6	7	12	18	23



60 kA rms simetrico CC disponibile.

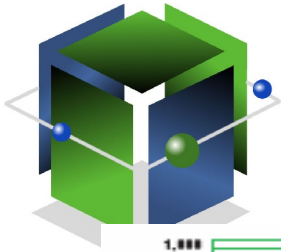


LPS RK400SP

Carga 400 A

12000 A rms simétrico

12kA < 22kA

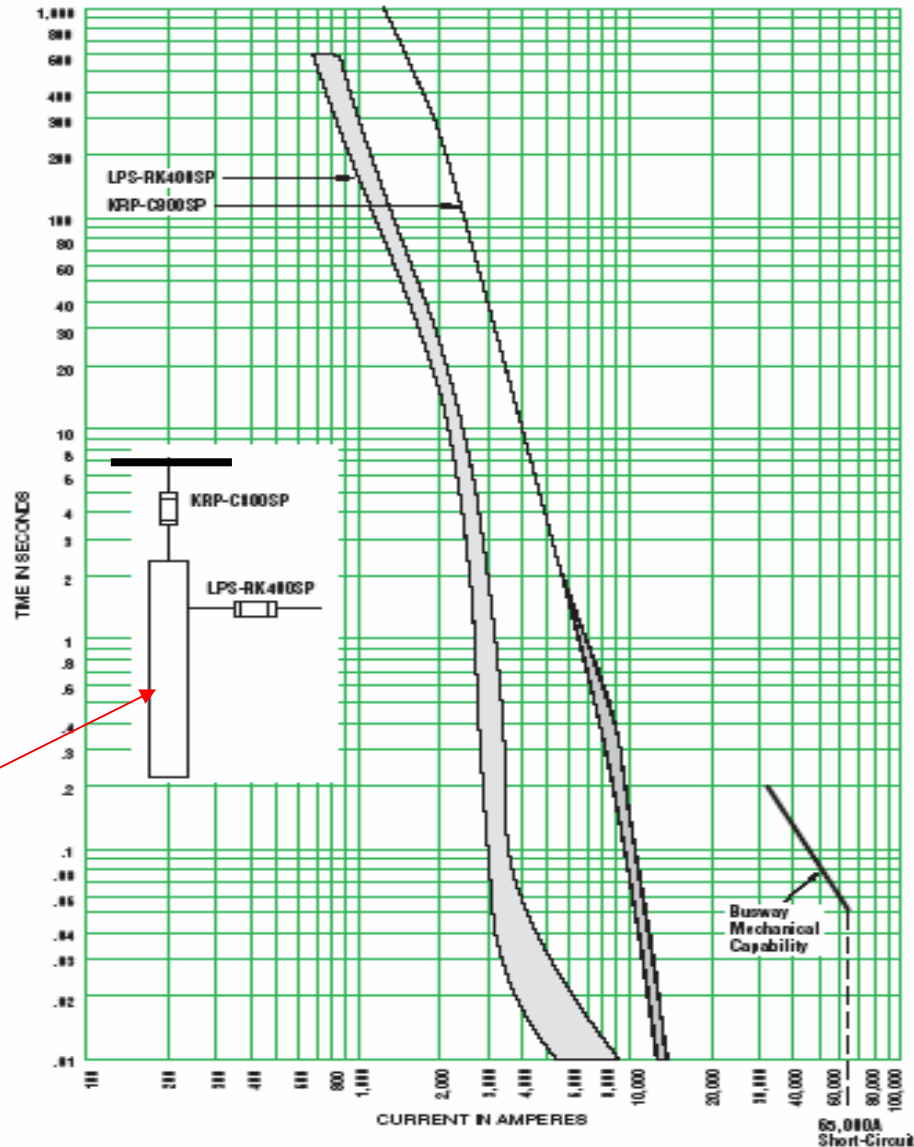


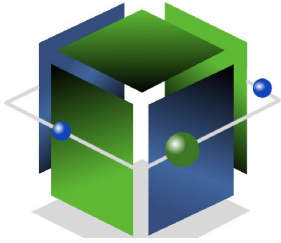
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

COORDINACIÓN DE LOS FUSIBLES LIMITADORES

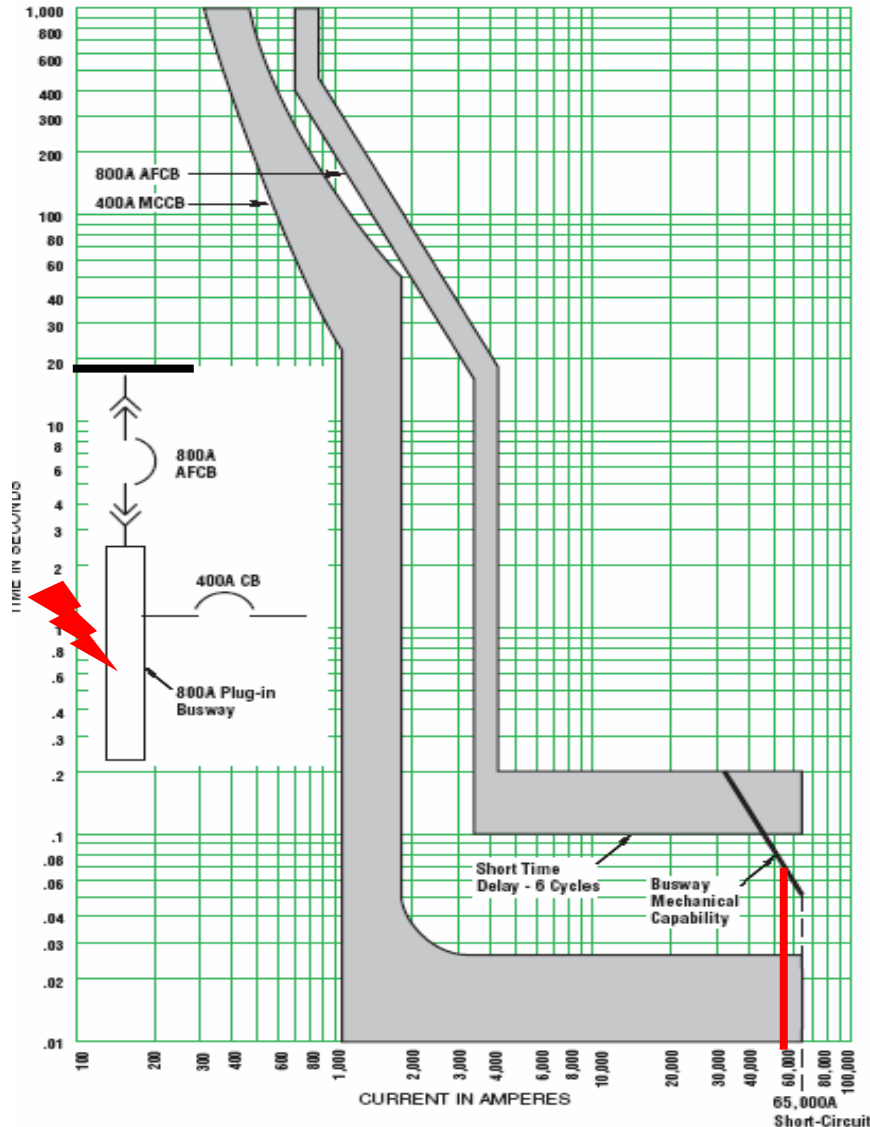
Barra de 800 A





SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS



COORDINACIÓN CON INTERRUPTORES NO LIMITADORES

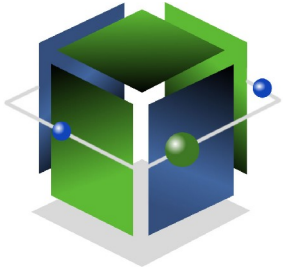
Con una falla en la barra de 800 A (60 kA) destruye la misma ya que su capacidad es de 22 kA.



- **Protección Falla a Tierra de Alimentadores.**

En los sistemas de BT, la protección de falla a tierra formados por reles (o sensores) son usados para detectar bajos valores de corriente de fallas a tierra que no son posibles ser detectadas por la protección de sobre corriente de fases. Cuando el valor de la falla a tierra y el tiempo alcanzan el ajuste del rele de FT, el sistema de control activa la bobina de disparo del interruptor aislando la falla del sistema.

La protección de falla a tierra solamente ofrece protección a los equipos por los efectos de corriente de baja magnitud



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

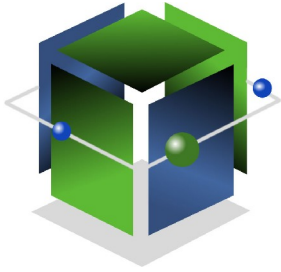
La protección de falla a tierra no es para :

1. Evitar la descarga (Shock).
2. Prevenir la falla a tierra.
3. Protección de fallas trifásicas y fase a fase.
4. Protección de altos niveles de corrientes.
5. Garantía de coordinación. En algunos casos compromete la coordinación.



El artículo 230.95 del CEN manifiesta que los sistemas 480/277 V, solidamente puesto a tierra e iguales o mayor a 1000 Amperios, tienen que tener protección de fallas a tierra adicional a las protecciones convencionales de sobre corrientes de fase. En caso de los procesos continuos donde una apertura genera grandes pérdidas o significa un peligro, no recomienda protecciones de falla a tierra.

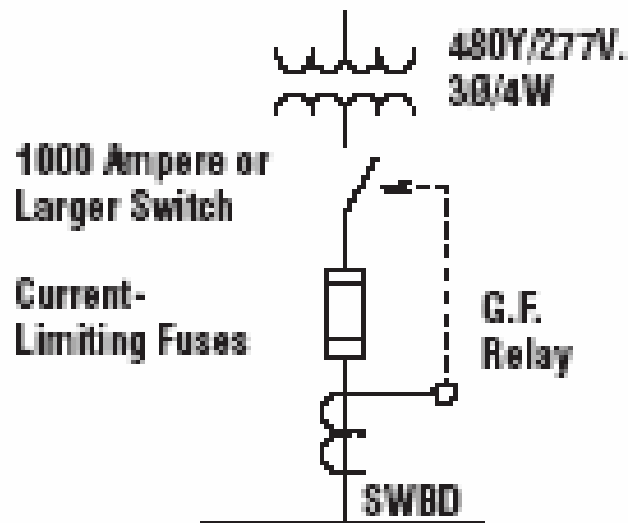
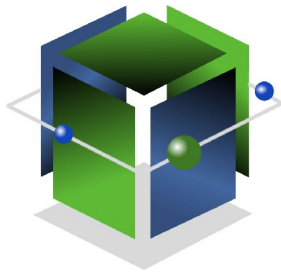
Todo sistema delta no requiere de protección de falla a tierra.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

El máximo ajuste para el arranque (Pick up) del sensor de falla a tierra será de 1200 Amperios, desconectando las tres fases.

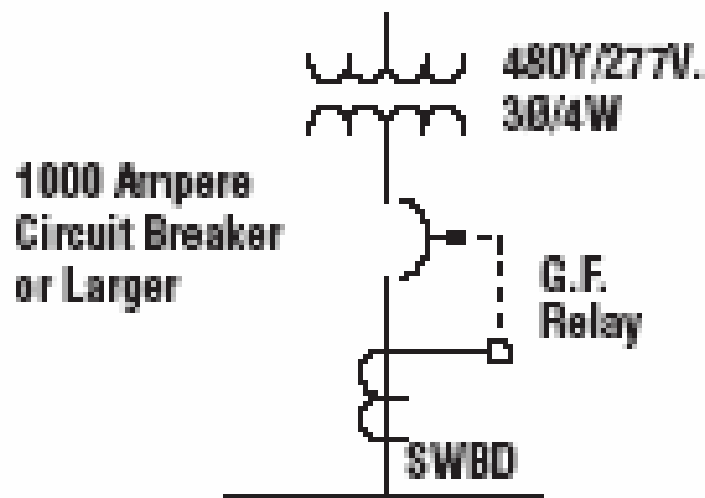
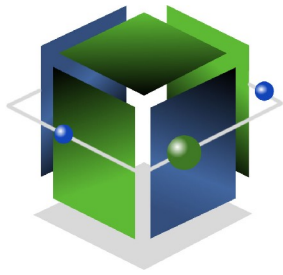
Para un temporizado de hasta 1 segundo, será usado para fallas cuya magnitud será igual o mayor a los 3000 Amperios.



This system offers:

1. Some degree of arcing and low magnitude ground fault protection by the ground fault relay operating the switch.
2. Current-limitation for high magnitude ground faults and short-circuits by current-limiting fuses, which provides component protection for the switchgear.

PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA CON FUSIBLES LIMITADORES

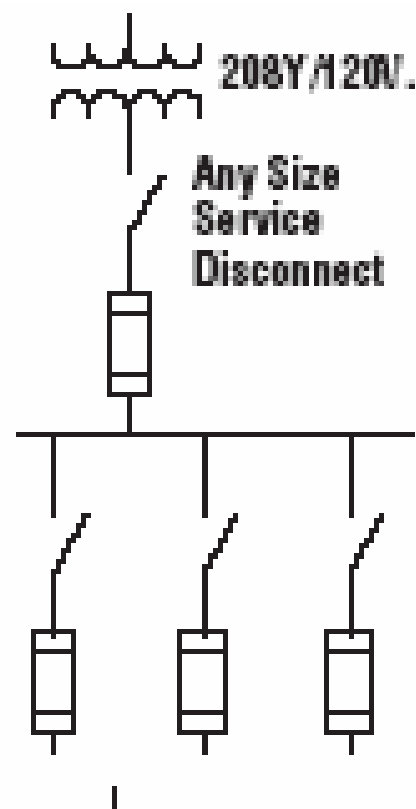
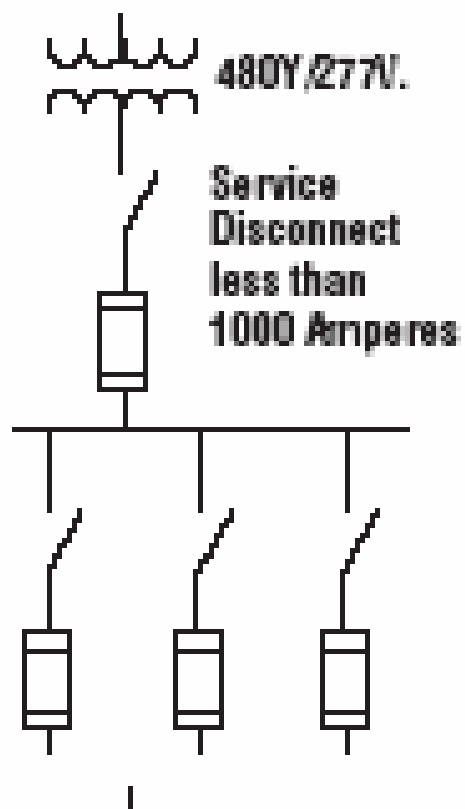
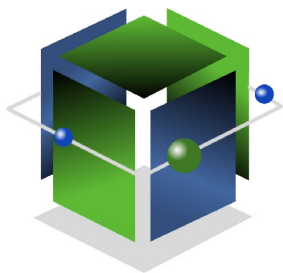


This system offers:

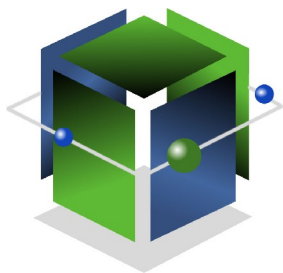
1. Some degree of arcing and low magnitude ground fault protection by the ground fault relay operating the circuit breaker.

Note: This system DOES NOT provide current-limitation for high magnitude ground faults and short-circuits.

PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA SIN FUSIBLES LIMITADORES

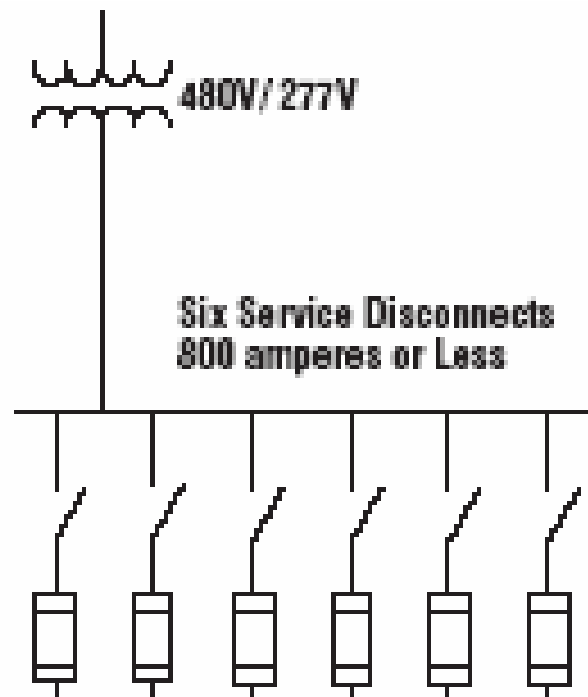
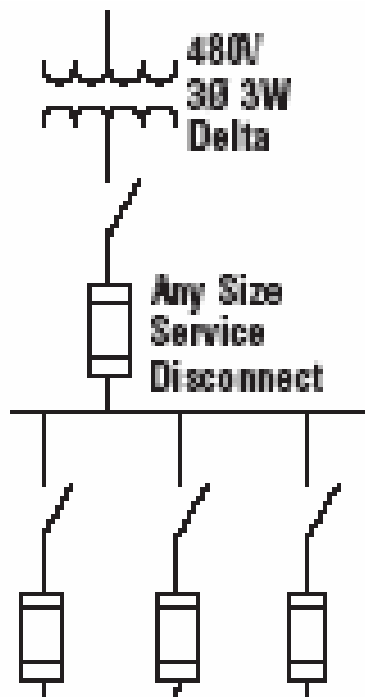


**CASOS DONDE NO SE REQUIERE PROTECCIÓN
DE FALLA A TIERRA**

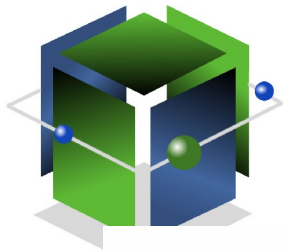


SSLA

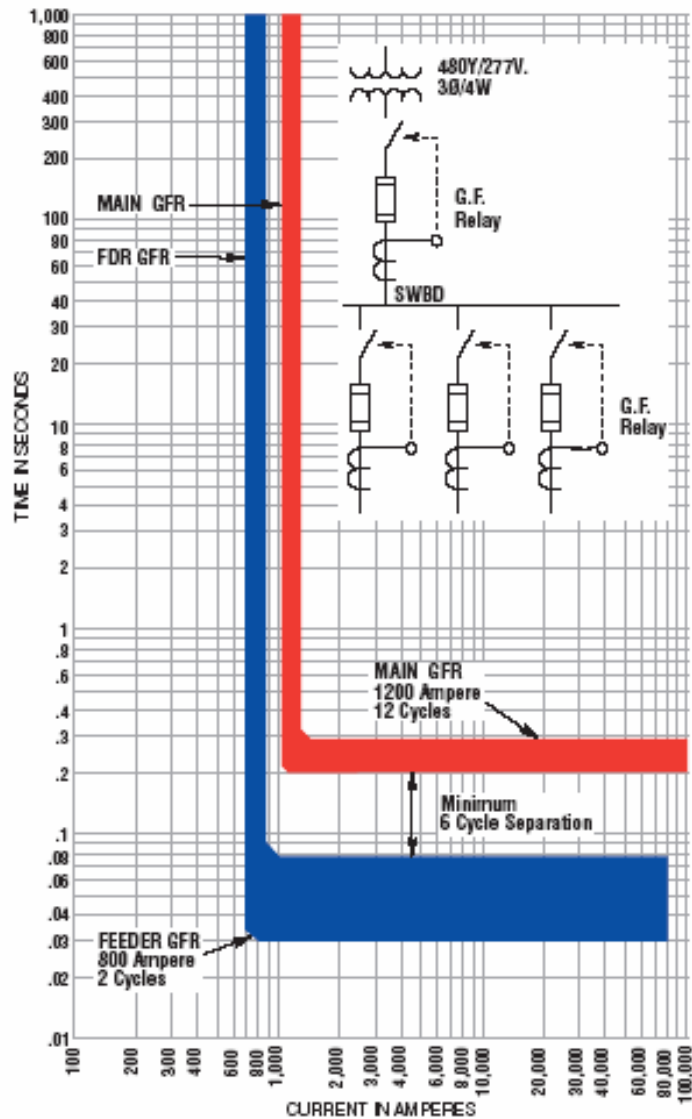
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net



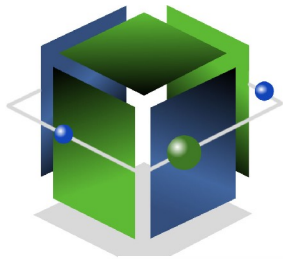
**OTROS CASOS DONDE NO SE REQUIERE
PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA**



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

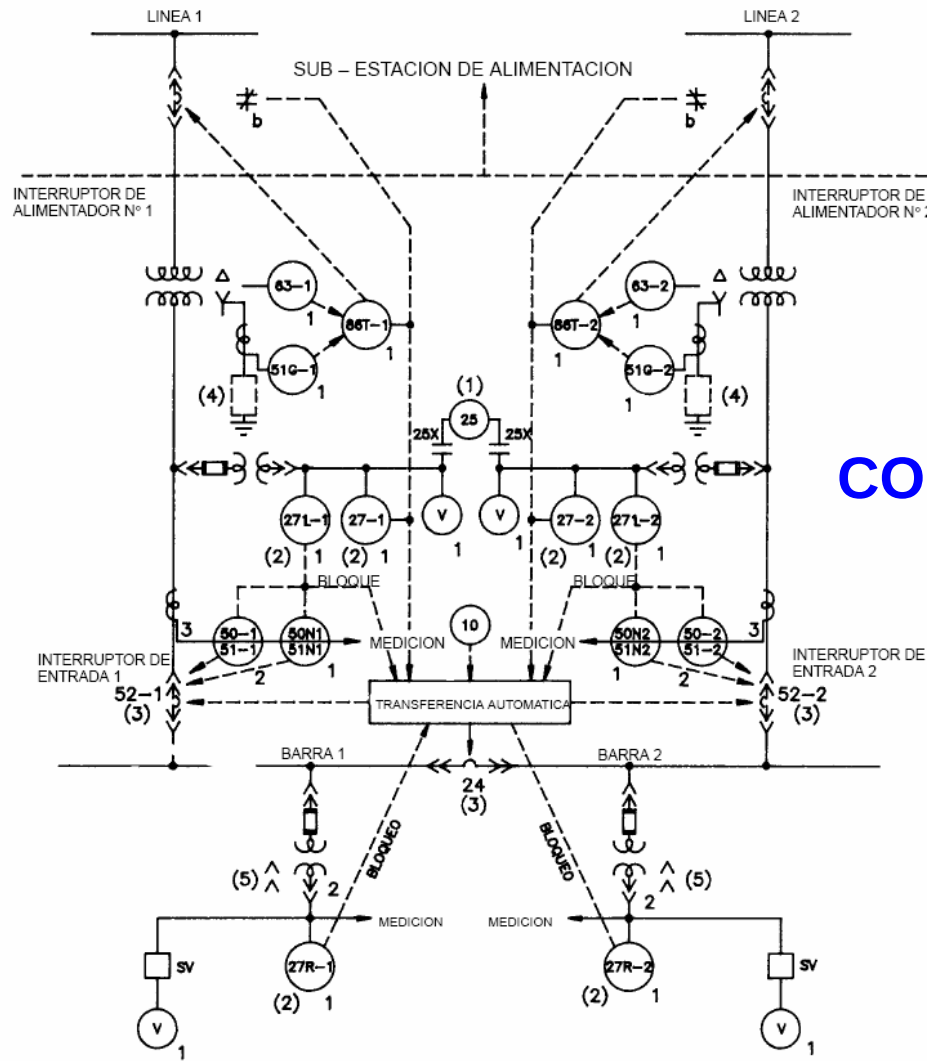


PROTECCIÓN DE TIERRA EN SISTEMAS PARA HOSPITALES

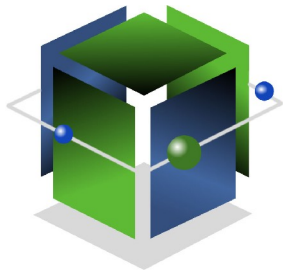


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS



PROTECCION DE BARRA CON SECUNDARIO SELECTIVO SISTEMAS RADIALES

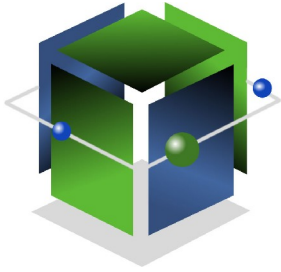


➤ BARRAS MT Y MAYOR A LOS 600 V

- **Protección de Sobre Corriente.**

El artículo 230.208 del NEC, servicios mayor a los 600 voltios, indica que se debe suplir protección de CC hacia las salidas como parte integral del tablero y protegerá todos los cables subterráneos que el mismo alimenta. La protección debe ser capaz de detectar e interrumpir cualquier valor de sobre corriente.

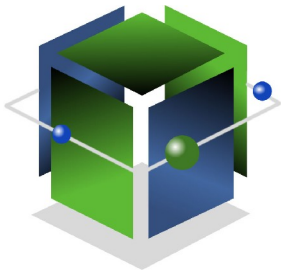
Si la protección es con fusibles, el valor nominal de este no será mayor a tres veces la capacidad del conductor, y si es un interruptor el ajuste no deberá ser mayor a seis veces la capacidad del conductor.



- **Protección Diferencial Barras MT.**

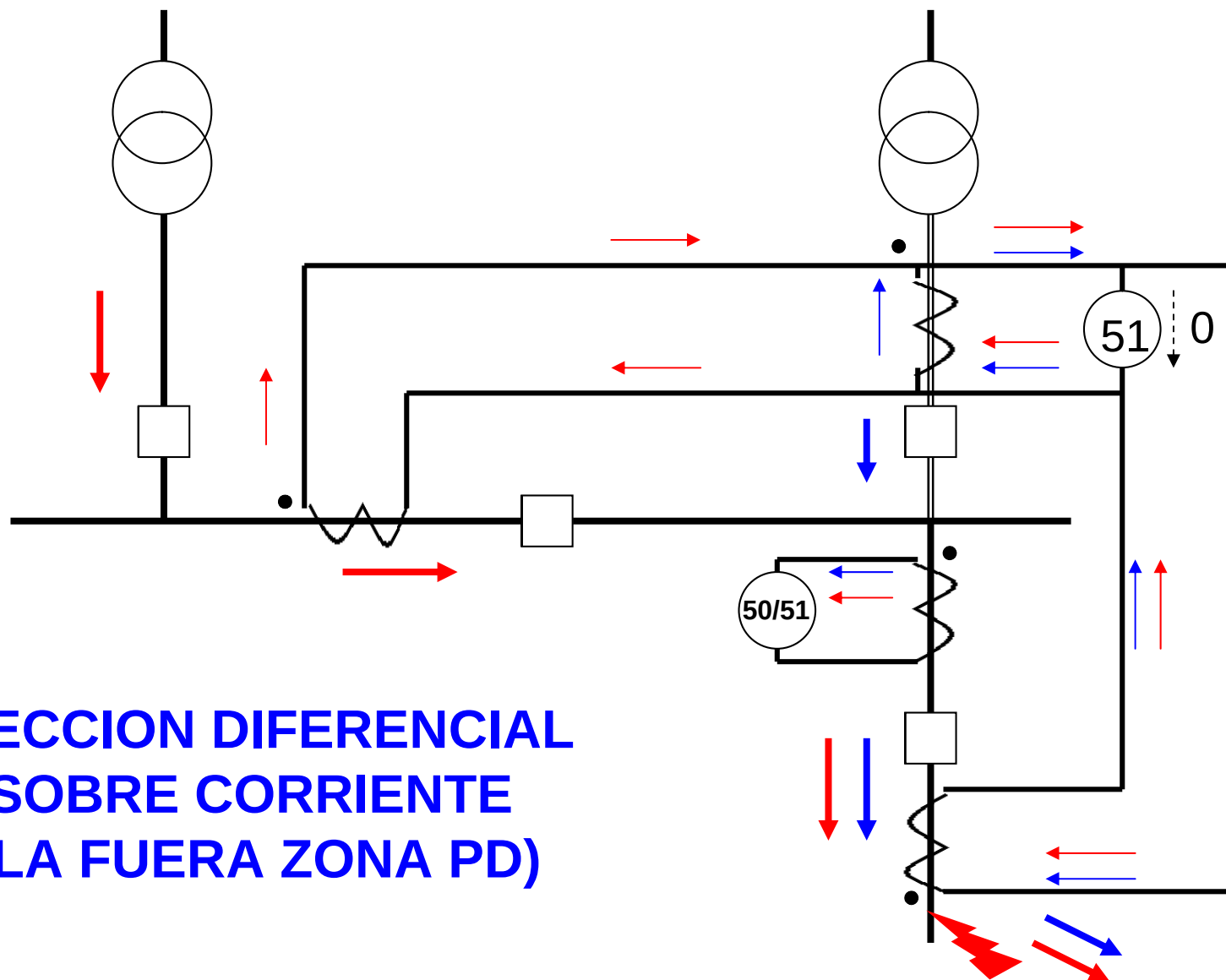
La protección diferencial es utilizada como suplemento de la protección de sobre corriente, es muy frecuente su uso en barras de 15 kV, en ocasiones en barras de 5 kV y rara vez en barras de BT.

Su necesidad depende de la exposición de las barras a la contaminación, en sistemas donde se requiere despejes de fallas rápida para mantener la estabilidad, en sistemas con secundario selectivo y se requiera un aislamiento rápido de la sección fallada y en instalaciones grandes donde los daños de reparación por fallas justifiquen los costos de esta protección.

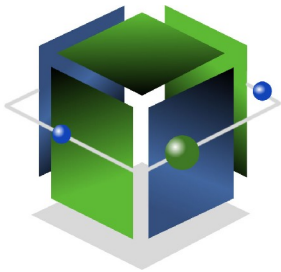


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

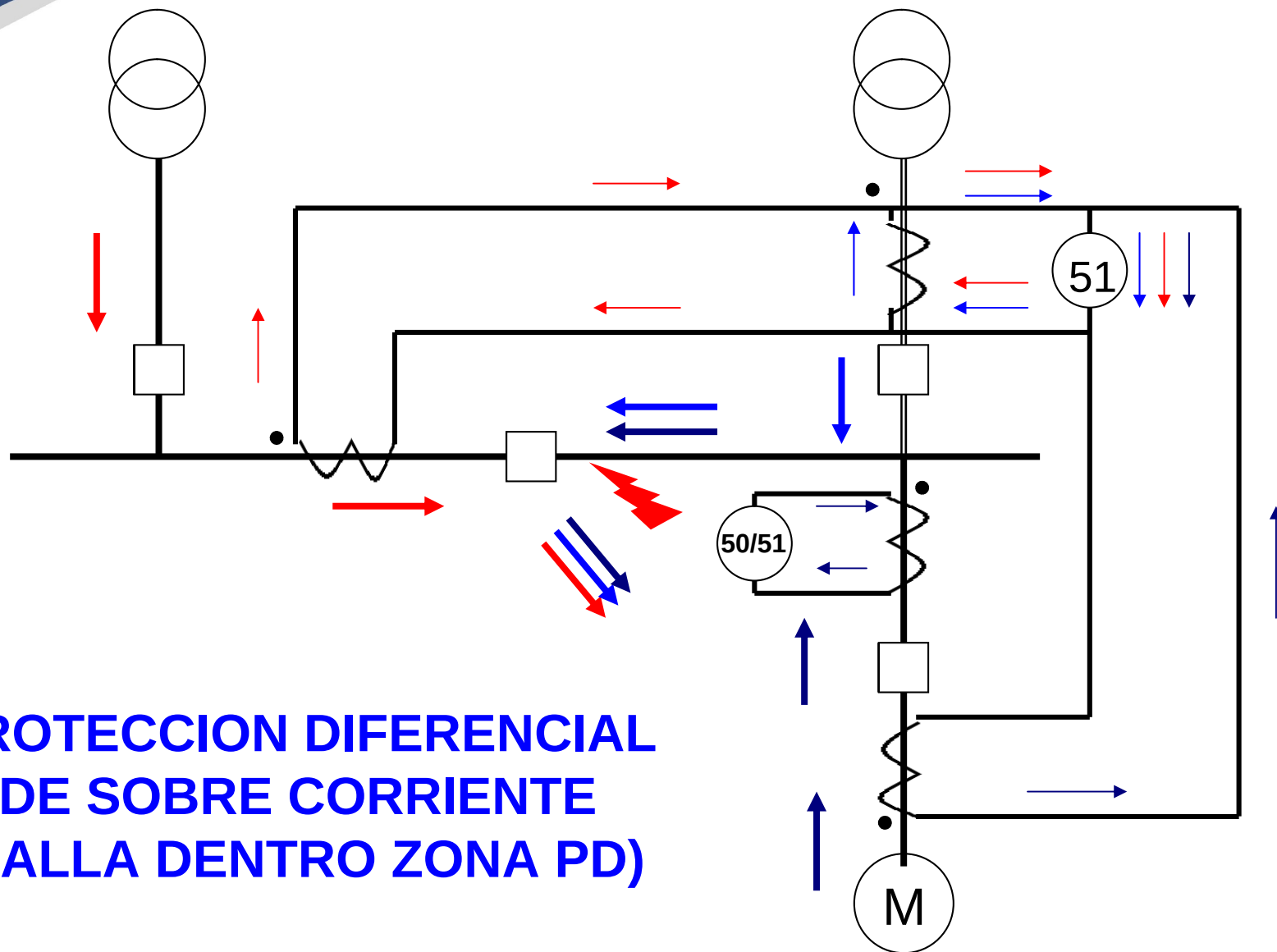


**PROTECCION DIFERENCIAL
DE SOBRE CORRIENTE
(FALLA FUERA ZONA PD)**

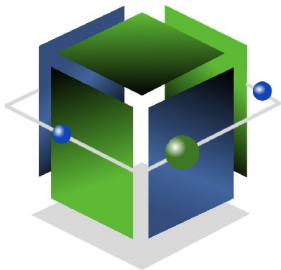


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

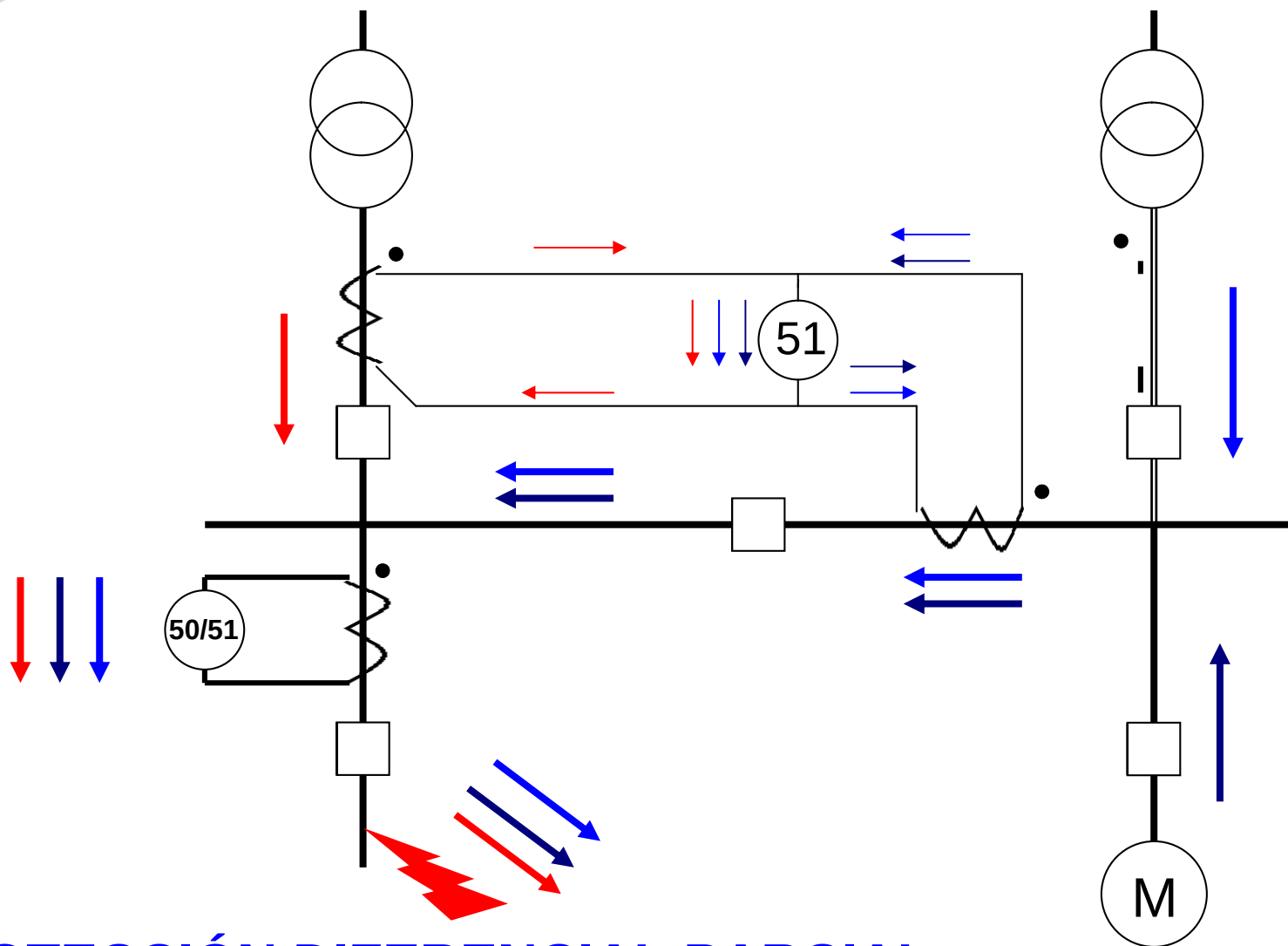


**PROTECCION DIFERENCIAL
DE SOBRE CORRIENTE
(FALLA DENTRO ZONA PD)**

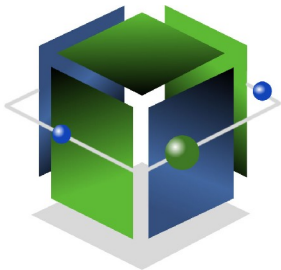


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS

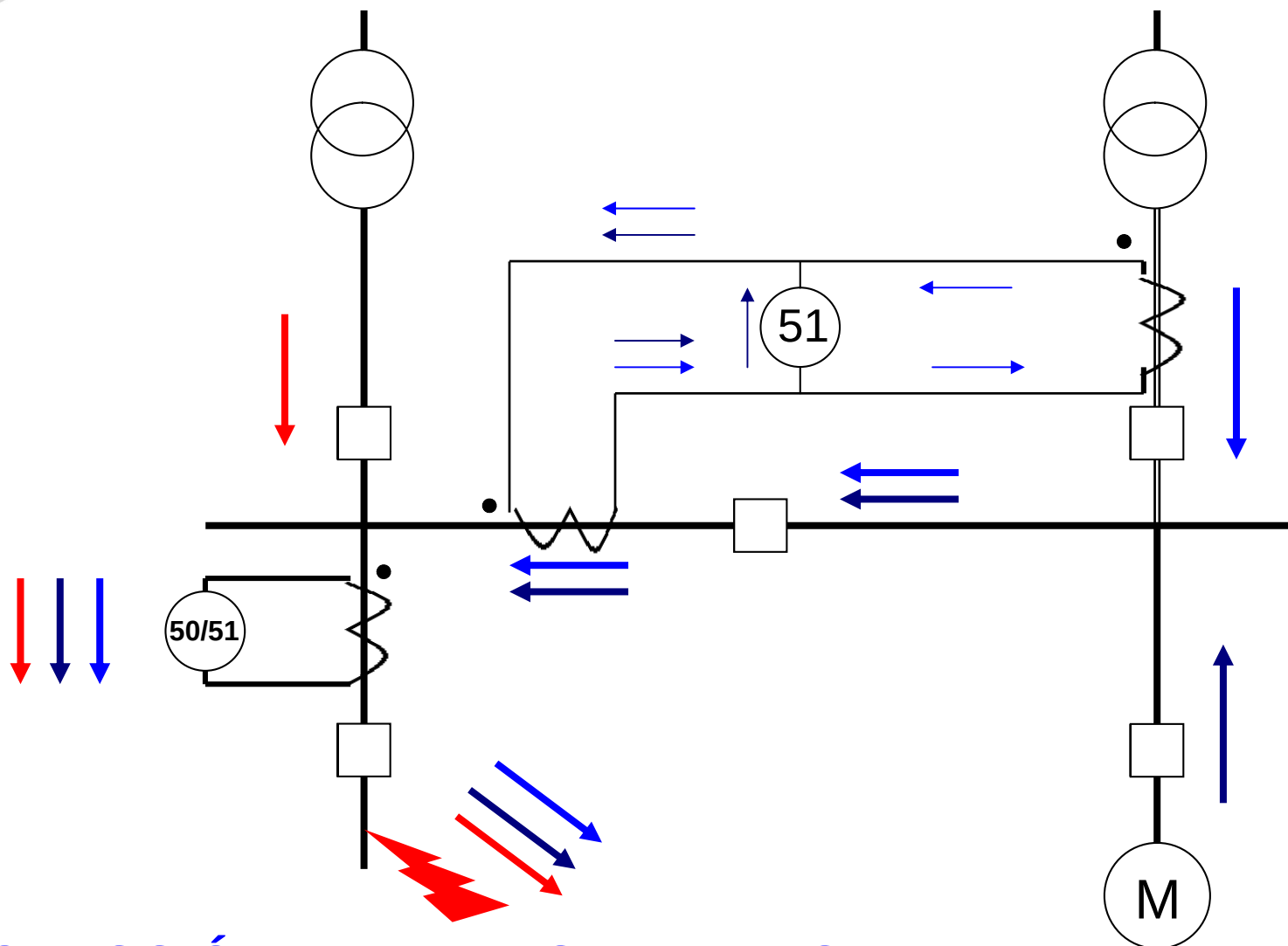


PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARCIAL

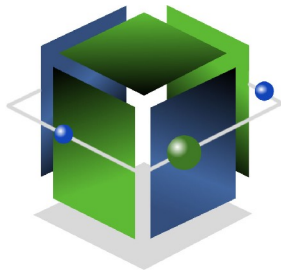


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE BARRAS



PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARCIAL

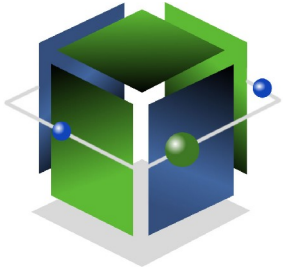


- **Otras protecciones.**

11kV / 6.6kV busbar relays

The following relays shall be installed in each busbar section of 11kV / 6.6kV switchboard:

- Undervoltage relay.
A stationary undervoltage situation shall initiate tripping of the connected motors.
- Frequency relay.
Input to Load Shedding System.
- Arc detection relay.
An arc detection system shall be installed either alone or in combination with a current relay. Detection shall sectionalise the busbar and trip incomer(s). This does not apply for single-phase air or gas (SF₆ = Sulphur Hexachlorid) insulated switchboards.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION DE GENERADORES



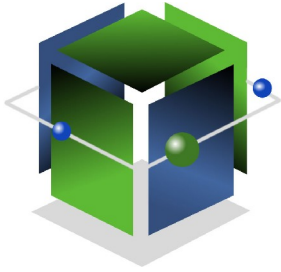
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

Los generadores representan el equipo más costoso en un sistema eléctrico de potencia y se encuentran sometidos, más que ningún otro equipo del sistema, a los más diversos tipos de condiciones anormales.

De manera que la protección del generador debe aislar al mismo totalmente del sistema eléctrico en caso de presentar condiciones anormales.

Casi la totalidad de las objeciones a los equipos de protección automática no apuntan a que el rele no opere cuando debiera hacerlo, sino que lo haga incorrectamente poniendo al generador fuera del servicio.

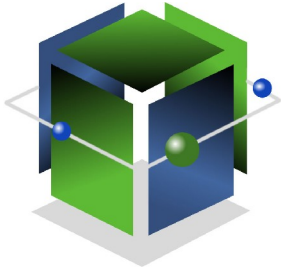


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

No puede negarse la gravedad que puede significar para un sistema eléctrico la desconexión momentánea e innecesaria de un generador; pero tampoco puede evitarse ese daño mediante la falta de una protección necesaria.

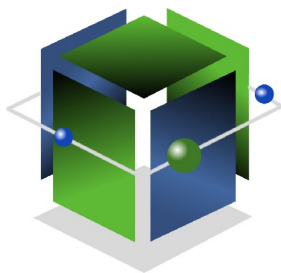
Por razones de los altos costos de estos equipos, en la mayoría de los casos de los países de nuestra Región, la protección de los generadores frente a la posibilidad de daños significativos es más importante que la protección a la continuidad del servicio del sistema eléctrico al que están conectados.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

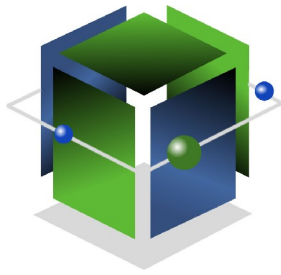
PROTECCIÓN DE GENERADORES

Una consideración a tener en cuenta al analizar las protecciones de un generador y que no se manifiesta en los restantes equipos que conforman un sistema eléctrico, es el hecho que la apertura de su interruptor principal es condición necesaria, pero no suficiente para evitar la prolongación de ciertos daños.

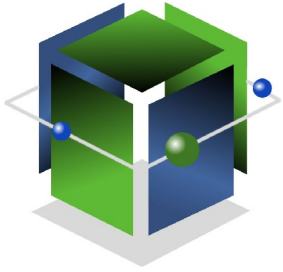


445-4. Protección contra sobrecorriente.

(a) Generadores de tensión constante. Los generadores de tensión constante, excepto las excitatrices de generadores de corriente alterna, deben estar protegidos contra sobrecargas por diseño inherente a través de interruptores automáticos, fusibles u otro medio aceptable de protección contra sobrecorriente, adecuado para las condiciones de uso.



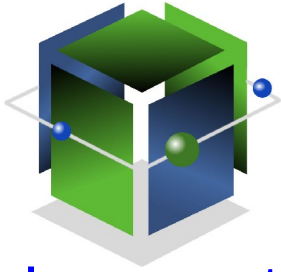
445-5. Capacidad de corriente de los conductores. La capacidad de los conductores de fase que van desde los terminales del generador hasta el primer dispositivo de protección contra sobrecorriente, no debe ser menor al 115% de la corriente nominal de la placa de características del generador. Se permite que los conductores del neutro tengan un calibre de acuerdo con el Artículo 220-22. Los conductores que deban transportar corrientes de falla a tierra no deben ser menores de lo que establece el Artículo 250-23(b).



PROTECCIÓN DE GENERADORES

En los sistemas de potencia industriales y comerciales, pueden existir generadores como suplidores de energía locales. Los mismos suplen el total o parte de la energía necesaria, o proveen la energía eléctrica en casos de emergencia. La aplicación de generadores pueden clasificarse generador único aislado, múltiples generadores aislados, generador conectado a una red, cogeneración, y generadores de inducción.

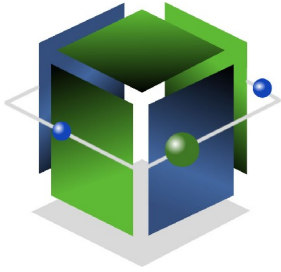
En este capítulo trataremos sobre la protección para generador único aislado para emergencia y como suplidores de energía total o parcial.



PROTECCIÓN DE GENERADORES

La protección eléctrica para generadores requiere la consideración de varias condiciones anormales que no son necesarias en otros equipos eléctricos o sistemas. Entre estas podemos mencionar las siguientes:

- Sobre calentamiento.
 - ✓ Estator (Sobre carga o pérdida del enfriamiento).
 - ✓ Rotor (Sobre excitación o perdida del enfriamiento).
- Fallas en los arrollamientos
 - ✓ Estator (Fallas de fase y a tierra).
 - ✓ Rotor (Fallas a tierra y entre espiras).
- Sobre y baja velocidad.
- Sobre y bajo voltaje.
- Pérdida de excitación.
- Motorización.
- Des- balance de corriente.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

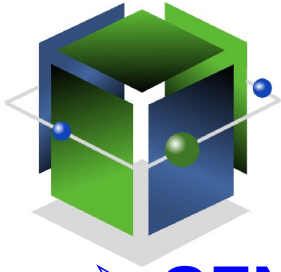
➤ GENERADORES DE EMERGENCIA BT.

- **Protección de Sobre Corriente Trifásica.**

Generadores que están normalmente fuera de servicio, trabajando solamente en breves períodos cuando el sistema principal falla, mantenimiento de los equipos principales, pruebas e inspecciones.

Normalmente impulsados por motores Diesel o turbinas de un solo eje de menos a 100 KW hasta varios MW.

El voltaje de operación es de 480/277 y de 1000 KW en adelante los mismos están entre 2.4 KV y 4.16 KV.



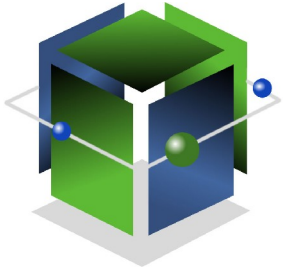
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

➤ GENERADORES DE EMERGENCIA BT.

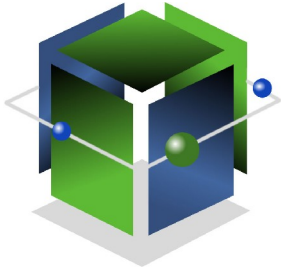
- **Protección de Sobre Corriente Trifásica.**

ANSI/NEMA MG 1 1993, especifica que un generador debe soportar una falla trifásica en sus terminales por 30" cuando opera a su KVA y factor de potencia nominal, con excitación fija con un sobre voltaje del 5%. Pero típicamente en estos generadores esta corriente a impedancia sincrónica es menor a la corriente nominal del mismo la cual no genera daños. Comportamiento distinto para fallas no simétricas en donde se genera altas temperaturas en el rotor por las corrientes de secuencia negativa (Falla a tierra y fase a fase).



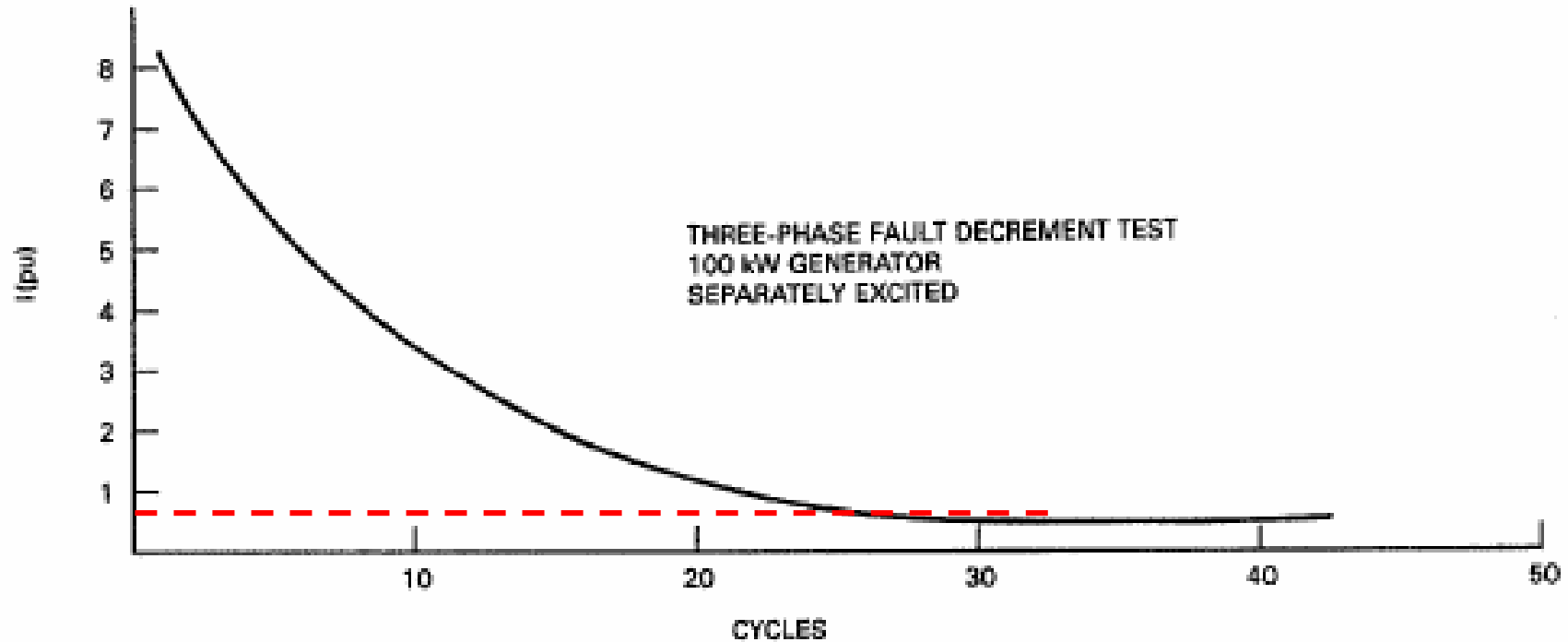
Cuando el sistema de excitación en el generador es auto excitado (Alimentado de la misma salida del generador), lo mas común en estos tipos de generadores, la excitatriz se convierte en un factor muy importante, como se indica en las siguientes gráficas, en cuanto a los daños del generador.

Otra observación evidente, es que las corrientes de falla asimétricas (Fase a tierra y fase a fase) son normalmente mayores a los valores de fallas trifásicas. Por lo tanto se debe considerar en la selección de protecciones de sobre corriente un disparo mas rápido para este tipo de protección.

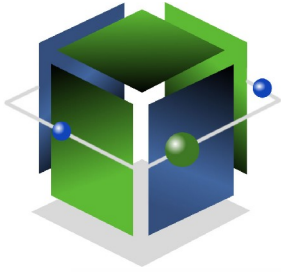


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

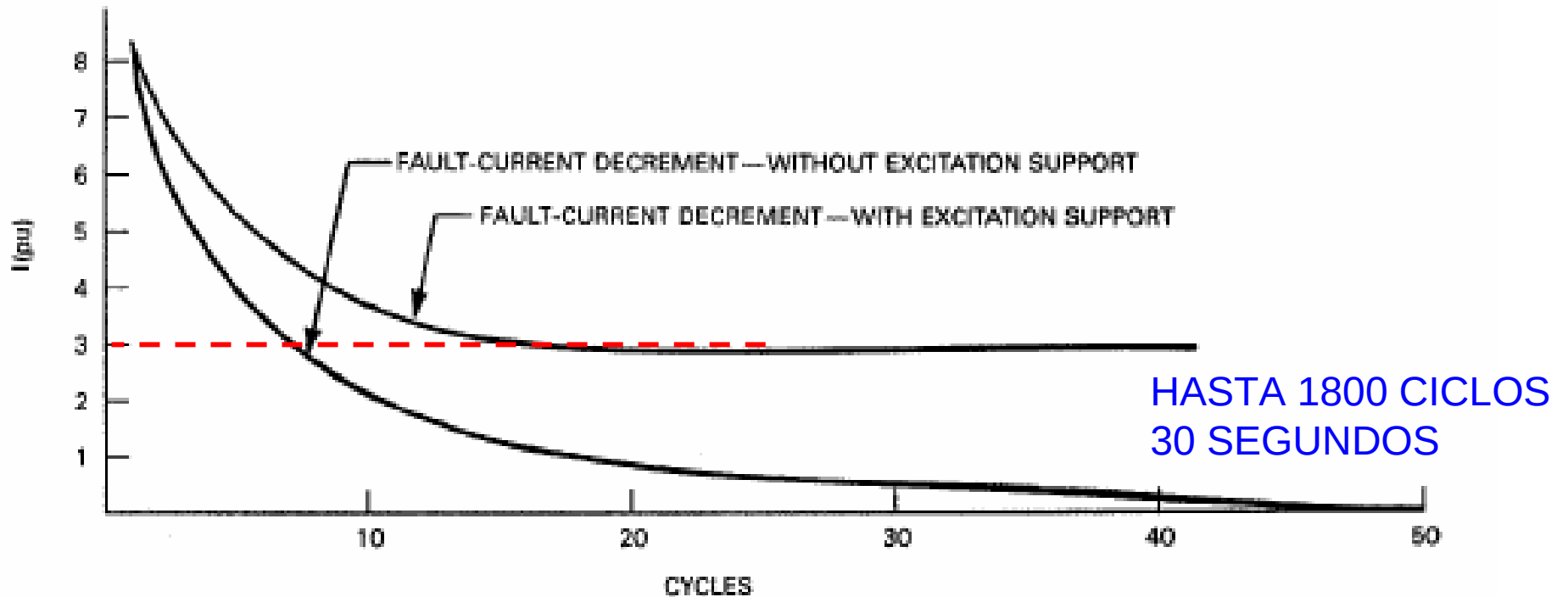


**DISMINUCIÓN DE CORRIENTE TÍPICA MANTENIENDO
LA EXCITACIÓN**

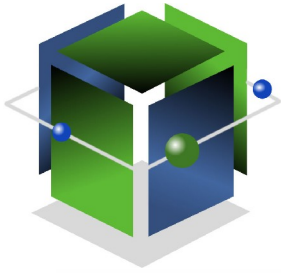


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

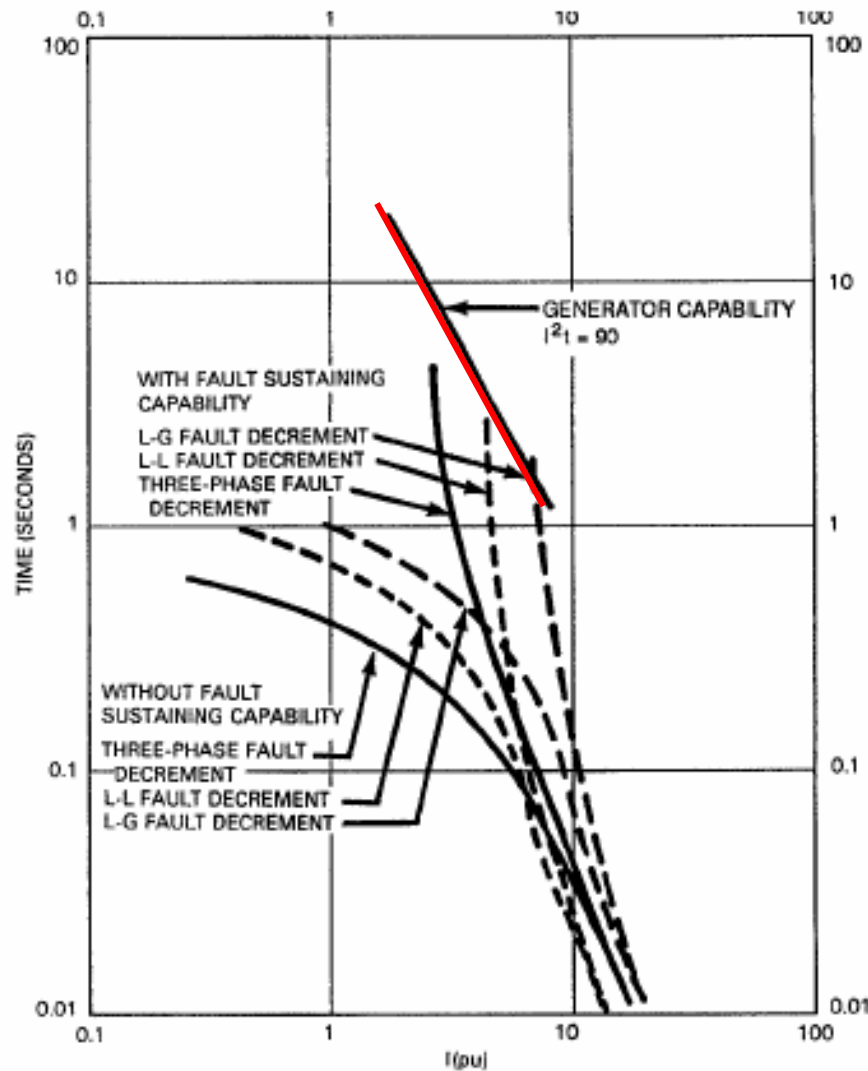


**DISMINUCIÓN DE CORRIENTE TÍPICA MANTENIENDO
LA EXCITACIÓN Y SIN MANTENER LA EXCITACIÓN**

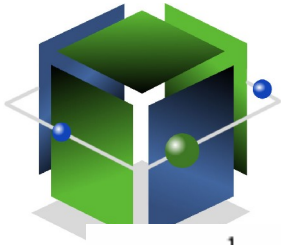


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES



**DISMINUCIÓN DE LAS
CORRIENTES DE FALLAS
BALANCEADAS Y
DESBALANCEADAS
RELACIONADAS CON LA CURVA
DE DAÑO DEL GENERADOR**

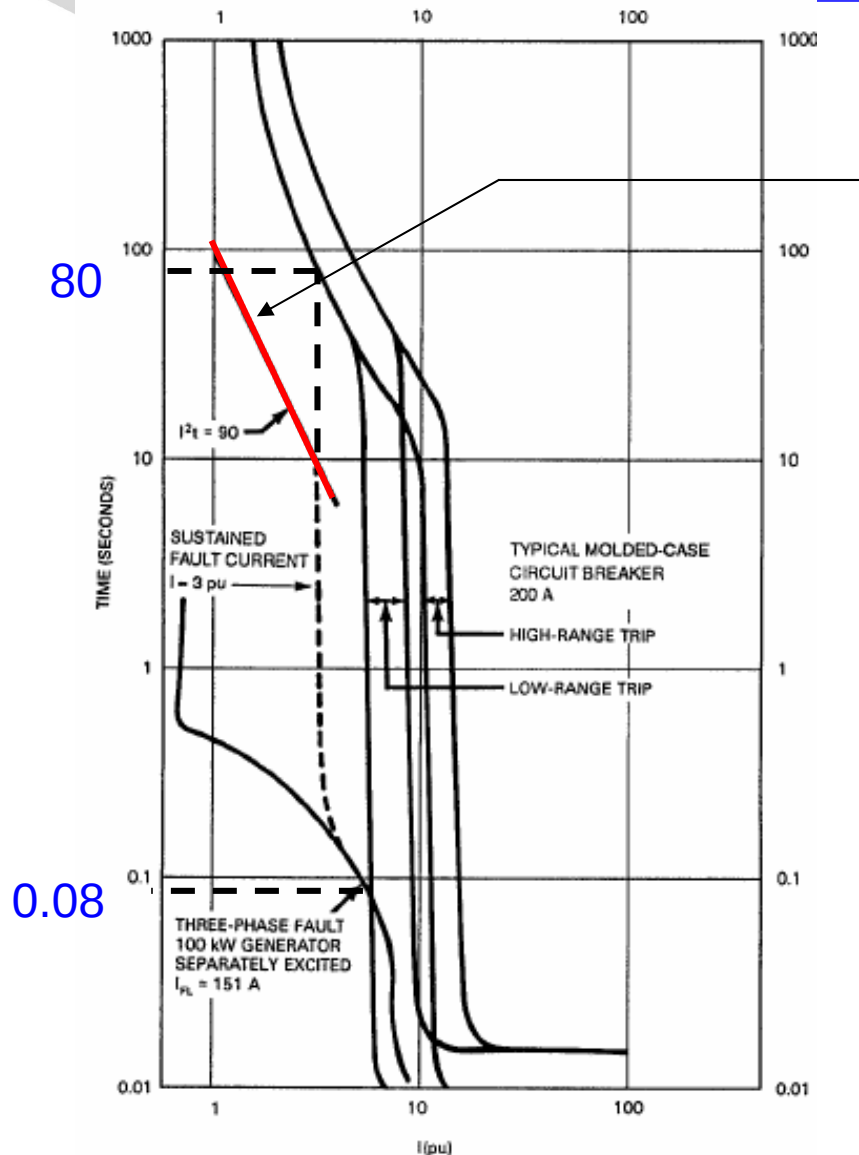


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

CURVA DE DAÑO DEL GENERADOR

**MALA APLICACIÓN DE
INTERRUPTOR 200 A
EN GENERADORES DE
EMERGENCIA
100 KW 151 A 460 V**

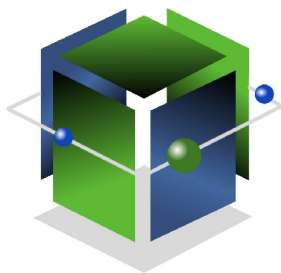




- **Protección de Sobre Corriente Falla a tierra.**

En sistema pequeños con neutro sólidamente puesto a tierra, al generador de emergencia normalmente la protección de falla a tierra es cubierta por las protecciones de fase ya que en estos sistemas las fallas a tierra son elevadas. En los casos donde el neutro está puesto a tierra a través de resistencia, se considerará detección de falla a tierra temporizada en el generador. En los casos flotante se considerará detección de falla.

En términos generales la protección de falla a tierra para los generadores de emergencia no se utiliza.

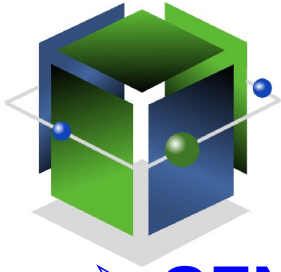


Emergency generator protection

Emergency generator protection shall be according to Table

Protective function	Emergency mode	
	Trip generator breaker	PDCS and generator control alarms
Short circuit	X	X
Overcurrent		X
Earth fault		X
Stator RTD, temp.high		X
Stator RTD, temp. high/-high		X
Reverse active power ^a	X	X
^a For generators in parallel operation only.		

PDCS: Power Distribution Control System.



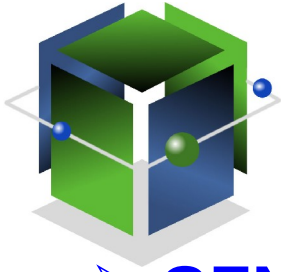
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

➤ GENERADORES MT.

Con los generadores suplidores de energía total o parcial trabajando acoplado a una red, se le recomienda la siguiente protección:

- Protección de sobre carga y corto circuito.
- Protección diferencial.
- Sobre corriente voltaje controlado.
- Protección de falla a tierra.
- Sobre excitación.
- Protección de potencia inversa.
- Pérdida de excitación.
- Secuencia Negativa.
- Protección de sobre voltaje.



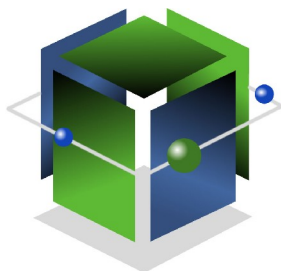
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

➤ GENERADORES MT.

- Falla a tierra direccional.
- Baja frecuencia.
- Sobre temperatura (Sobre carga).
- Y las protecciones mecánicas por vibración, temperatura de escape (T5), sobre velocidad, baja presión de aceite, y baja presión gas combustible.

En cuanto a las alarmas se recomienda falla a tierra del rotor, sobre temperatura en el estator por termocuplas, sistema de regulación automática y las fallas mecánicas vibración y temperatura de escape.



PROTECCIÓN DE GENERADORES

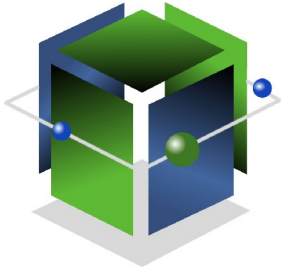
Main generator protection

Main generator protection shall be according to Table

Protective function	Trip generator breaker	PDCS and generator control alarms
Differential protection ^b	X	X
Overload	X	X
Shortcircuit	X	X
Earth fault	X	X
AVR fault	X	X
Stator RTD, temp. high		X
Stator RTD, temp. hi/hi	X	X
Rotor earth fault	X	X
Directional earth fault ^a	X	X
Overvoltage	X	X
Undervoltage	X	X
Reverse active power ^a	X	X
Reverse reactive power ^a	X	X
Negative phase sequence	X	X
^a For generators in parallel operation only.		
^b For generators above 4 MVA.		

PDCS: Power Distribution Control System.

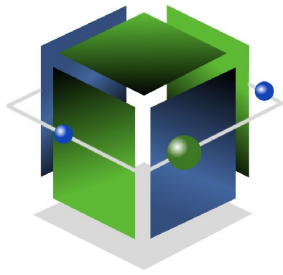
AVR : Automatic Power Regulator.



- **Protección de Sobre Carga y Corto Circuito.**
 - ✓ **Capacidad de Sobre Corriente.**

Según el ANSI C50.13.1989, los generadores deberían soportar, bajo condiciones de emergencia, las cargas indicadas abajo.

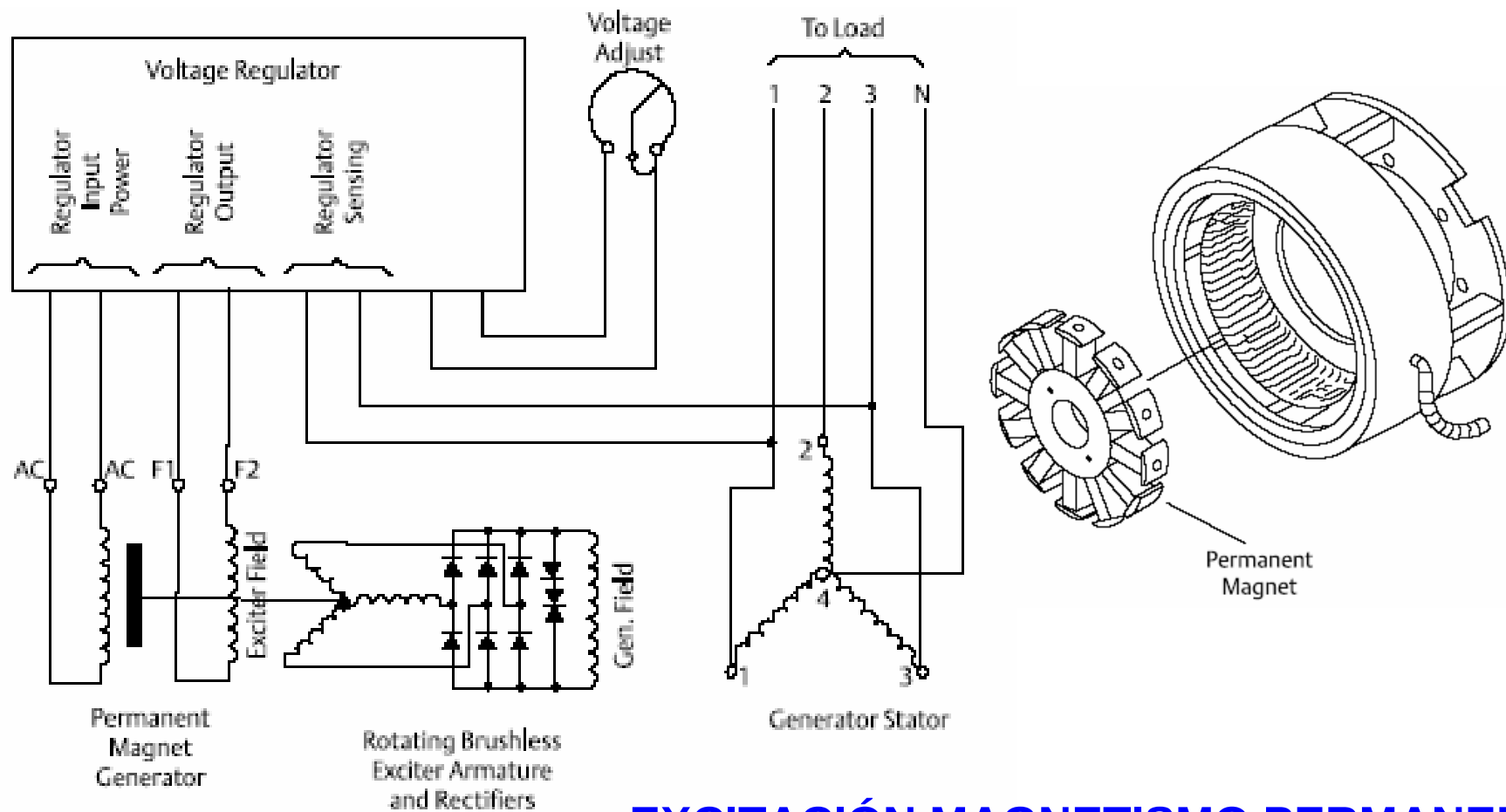
Time (s)	10	30	60	120
Armature current (%)	226	154	130	116



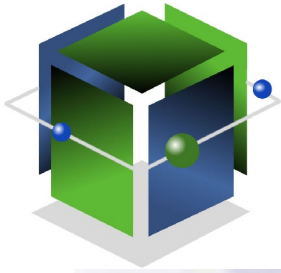
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

✓ Excitación.

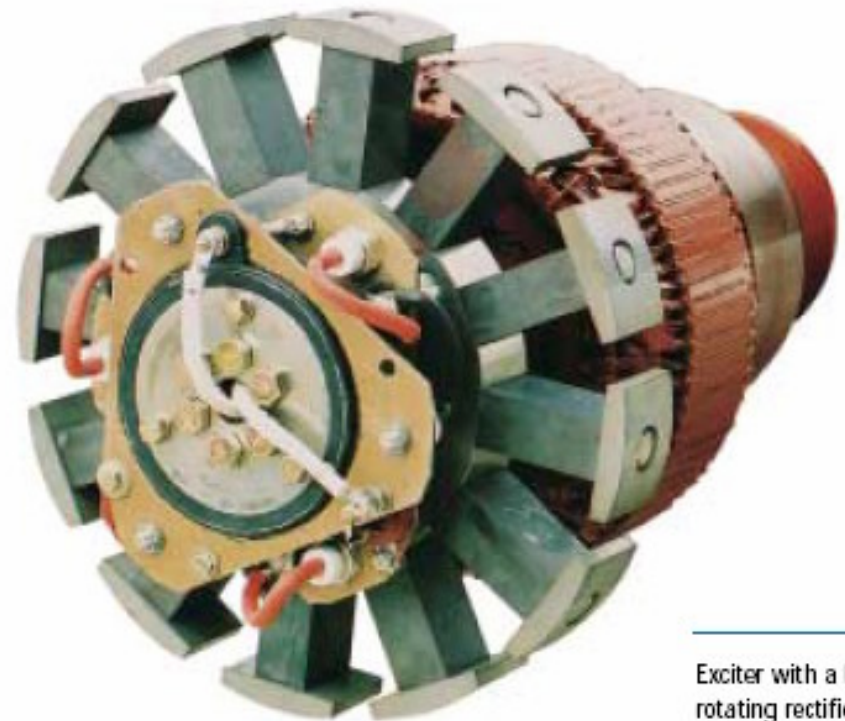
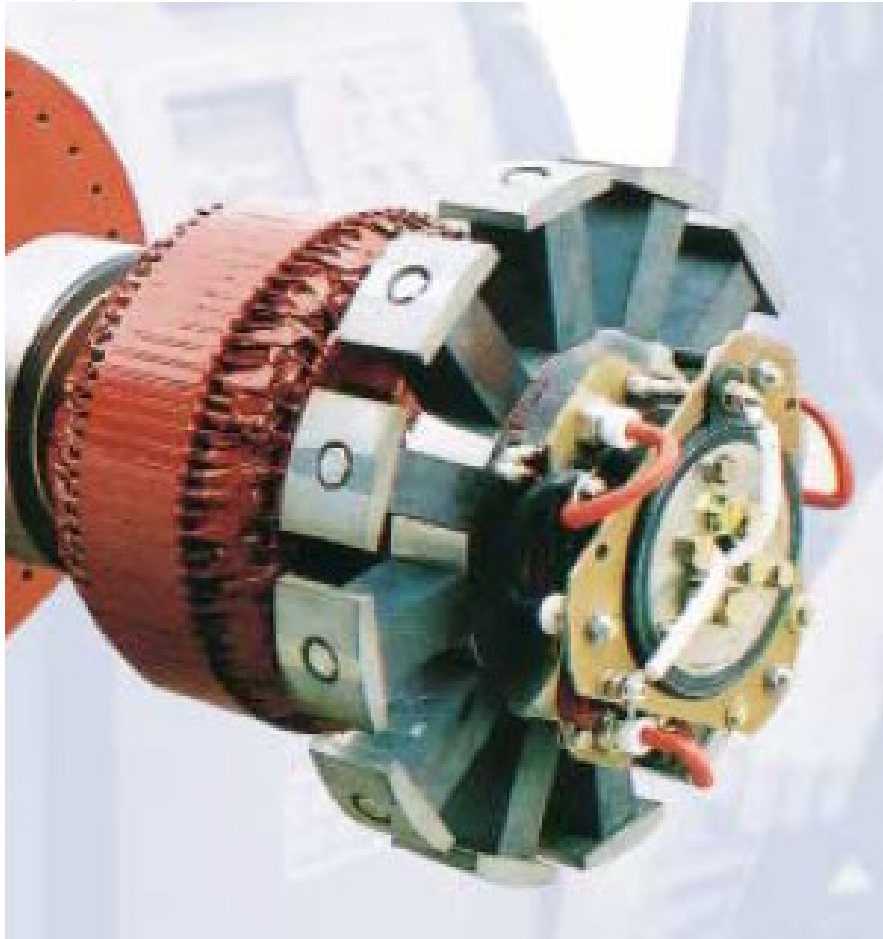


EXCITACIÓN MAGNETISMO PERMANENTE



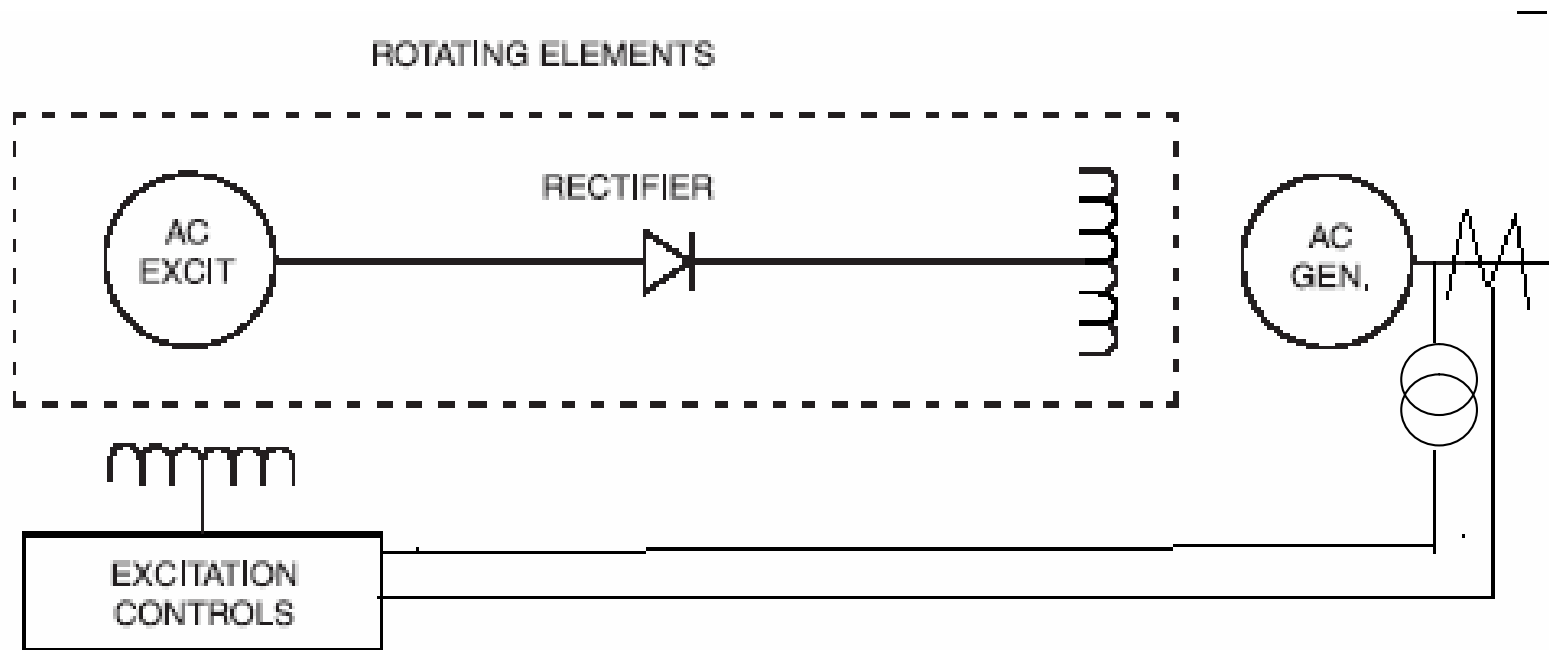
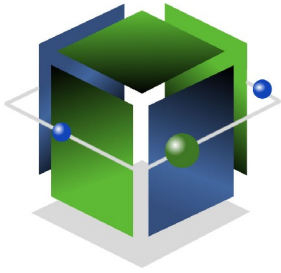
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

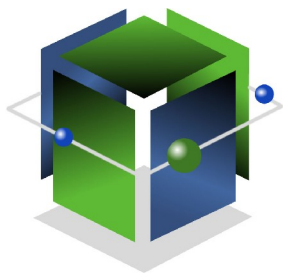


Exciter with a PMG and
rotating rectifier

EXCITACIÓN MAGNETISMO PERMANENTE



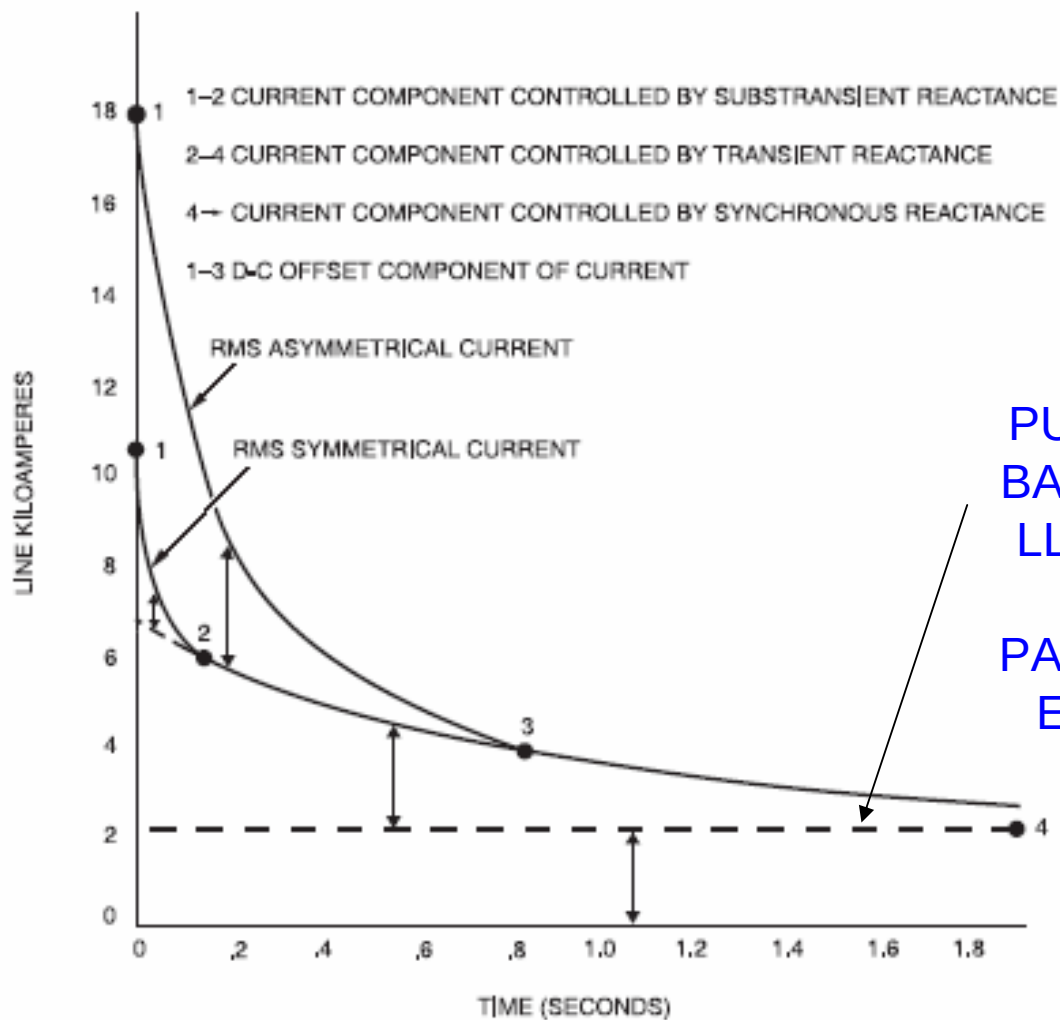
SISTEMA DE EXCITACIÓN TÍPICA



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

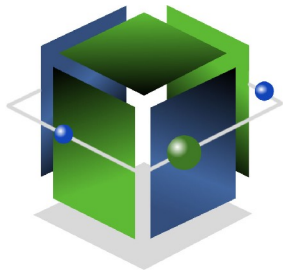
PROTECCIÓN DE GENERADORES

19.5 MVA
903 A
12.47 KV
FP: 0.6



PUEDE SER TAN
BAJA QUE PUEDE
LLEGAR AL 42%
DE LA I_n
PARA ESTE CASO
ES 586 A (65%)

CURVA TÍPICA DE DECAIMIENTO DE CORRIENTE GENERADORES MT



Componente AC

$$i_{ac} = (i_d'' - i_d') e^{-t/T_d''} + (i_d' - i_d) e^{-t/T_d'} + i_d$$

Sub transitorio

$$i_d'' = \frac{e''}{X_d''} \text{ pu}$$

$$e'' = e_t + X_d'' \sin \theta \text{ pu}$$

When machine is at no-load, $e'' = e_t$.

Estable

$$i_d = \left(\frac{e_t}{X_d} \right) \left(\frac{I_F}{I_{Fg}} \right)$$

Transitorio

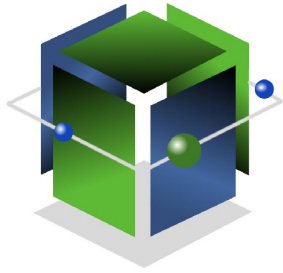
$$i_d' = \frac{e'}{X_d'} \text{ pu}$$

$$e' = e_t + X_d' \sin \theta \text{ pu}$$

Again, at no-load, $e' = e_t$.

Componente DC

$$\sqrt{2} i_d'' e^{-t/T_A}$$

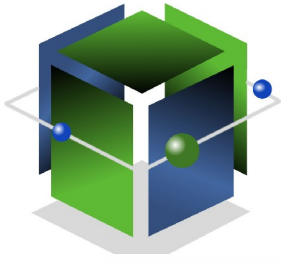


Corriente total

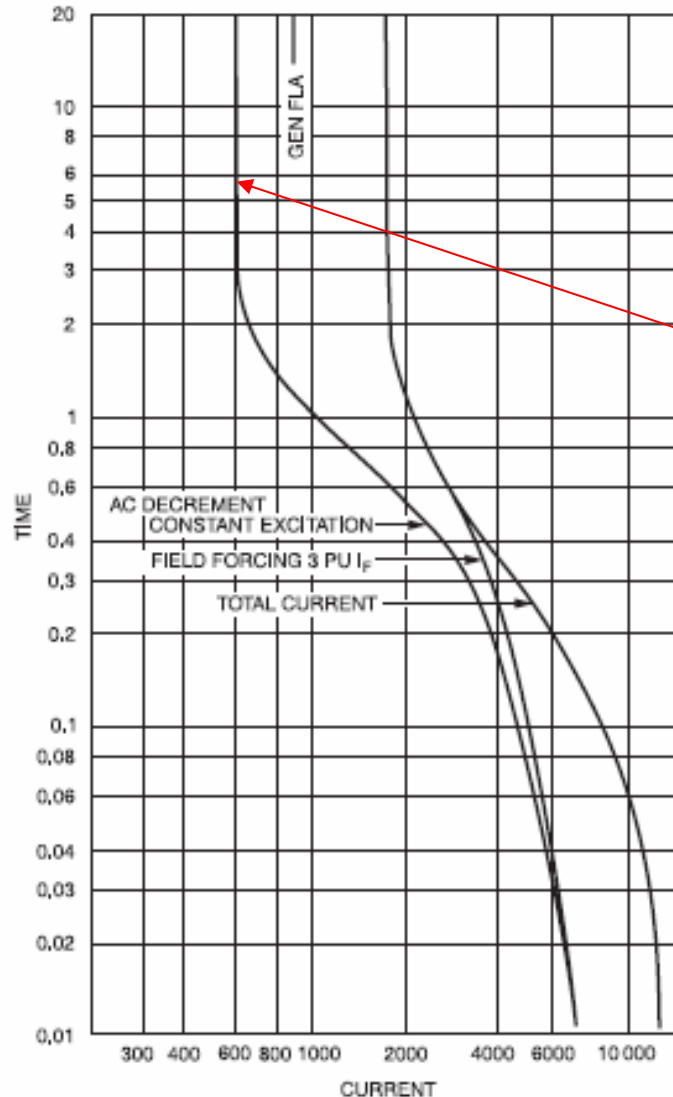
$$i_{tot} = \sqrt{i_{ac}^2 + i_{dc}^2}$$

Datos del Generador

X_d''	is subtransient reactance, saturated value,	T_d''	is subtransient short-circuit time constant (s),
X_d'	is transient reactance, saturated value,	T_d'	is transient short-circuit time constant (s),
X_d	is synchronous reactance,	T_A	is armature short-circuit time constant (s),
e_t	is machine terminal voltage (per unit),	I_{Fg}	is field current at no-load rated voltage (V),
e''	is machine internal voltage behind X_d'' ,	I_F	is field current at given load condition,
e'	is machine internal voltage behind X_d' ,	θ	is load power factor angle.



PROTECCIÓN DE GENERADORES



kVA = 19 500

PF = 0.8

voltage = 12.47 kV

rated amperes = 903

$x_d'' = 10.7\%$

$x_d' = 15.4\%$

$x_d = 154\%$

$I_{Fg} = 1$ pu

$I_F = 3$ pu

$T_d'' = 0.015$ s

$T_d' = 0.417$ s

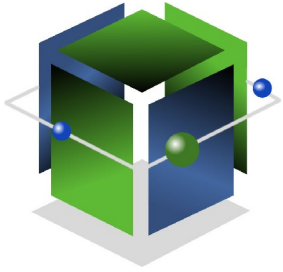
$T_A = 0.189$ s

FALLA SOSTENIDA 586 A

$$I_d = \left(\frac{e_t}{X_d} \right) \left(\frac{I_F}{I_{Fg}} \right) = \left(\frac{1}{1.54} \right) \left(\frac{1}{1} \right) = 0.65 \text{ pu}$$

$$I_{dsostenida} = 0.65 * 903 = 586 \text{ A}$$

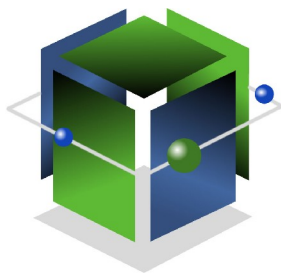
**CURVA DE DECAIMIENTO CON
EXCITACIÓN CONSTANTE Y
EXCITACIÓN FORZADA.**



✓ **Rele de Sobre Corriente Voltaje Restringido (51 V)**

Para evitar disparos falsos en arranque de motores y/o asegurar la protección del generador en coordinación con la protección aguas abajo se utiliza el rele de sobre corriente de voltaje restringido.

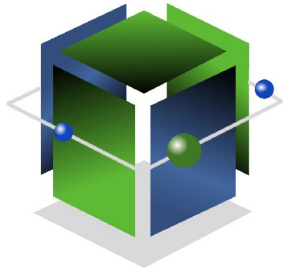
Este rele es especialmente construido para que el disparo sea una función de la corriente y voltaje de barra, Si este voltaje disminuye del valor nominal el mismo se hace mas sensitivo reduciendo el tiempo de arranque.



PROTECCIÓN DE GENERADORES

Rated voltage (V)	Percent of pickup, tap setting
100	100
78	78
48	48
25	25
0	25

VALORES DE REDUCCIÓN DE SENSIBILIDAD



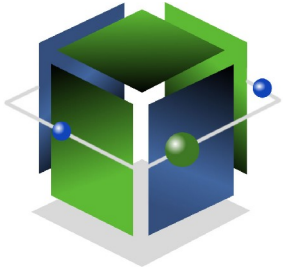
✓ Ejemplo de Ajuste.

Criterio:

1. El arranque (pick up) será a 0 voltios y a excitación constante.
2. No habrá arranque en sobre carga moderada hasta un 150% de su carga nominal con 100% del voltaje.

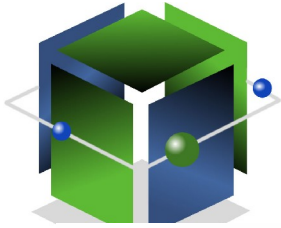
$$\text{tap value} = I_{FL} \times \frac{1.5}{\text{CT ratio}} = \frac{903 \times 1.5}{1200 + 5} = 5.6 \text{ A} \quad \rightarrow \quad \mathbf{1344 \text{ A}}$$

Select a 6 A tap (i.e., 159% of full-load current). $\rightarrow$ **1440 A**



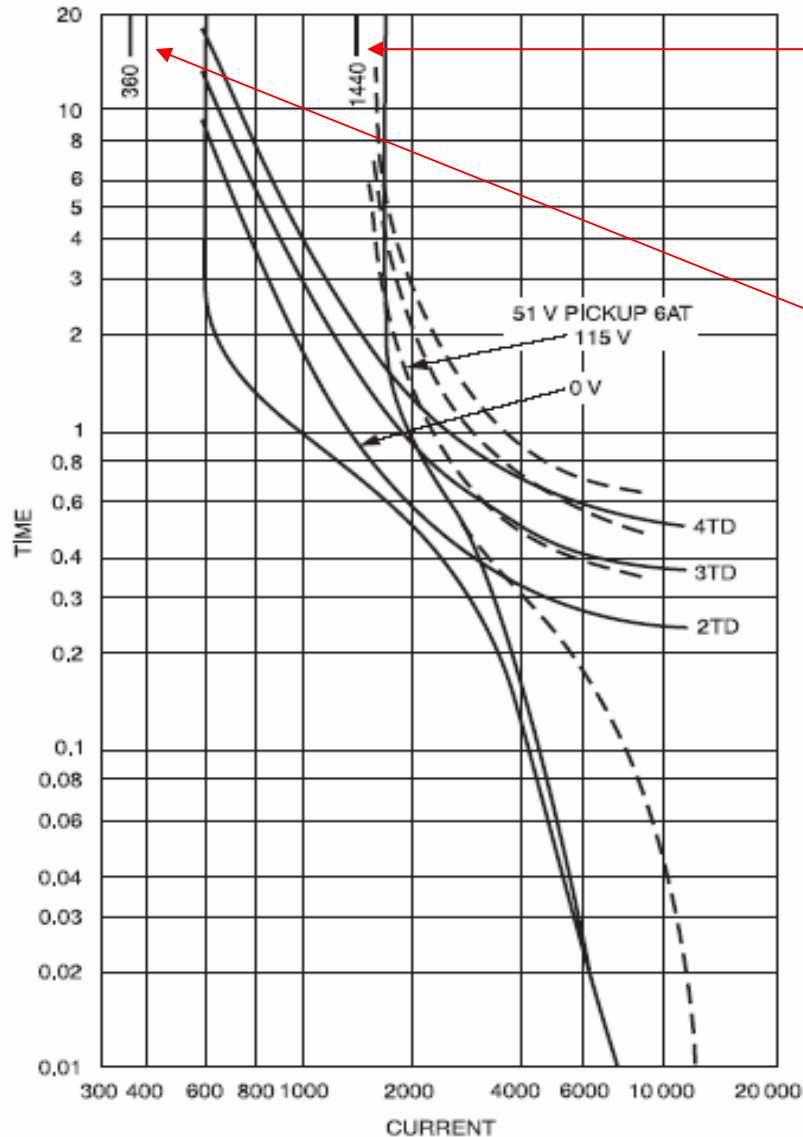
Se verifica que el rele opere a 0 voltios, y según el rele a 0 voltios el mismo reduce su sensibilidad al 25%

$$I_{pickup} = 6 \times 0.25 \times \frac{1200}{5} = 360 \text{ A}$$



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

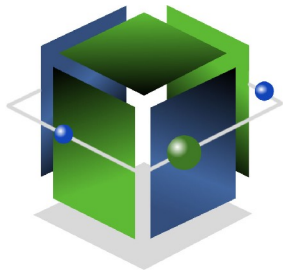
PROTECCIÓN DE GENERADORES



No hay pick up a voltaje completo.

Con una sensibilidad del 25% a 0 voltios el rele arranca ya que la corriente de falla sostenida 586 A corta la curva a 0 voltios.

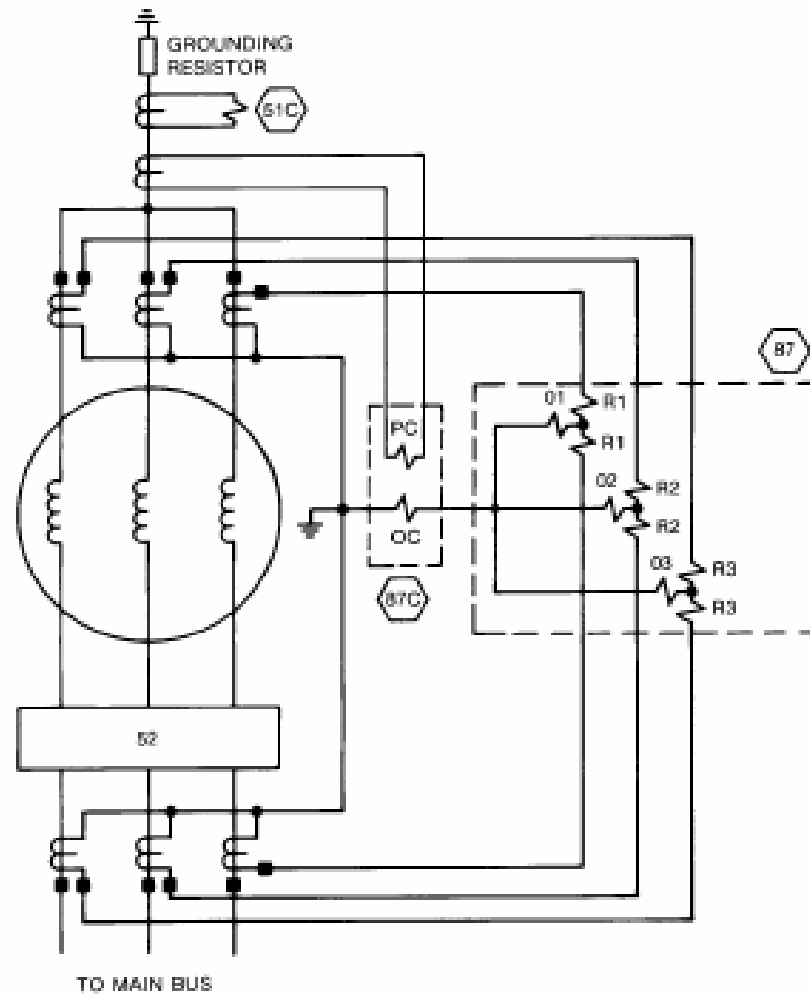
**CURVA DE DECAIMIENTO
MOSTRANDO EL 51 V**

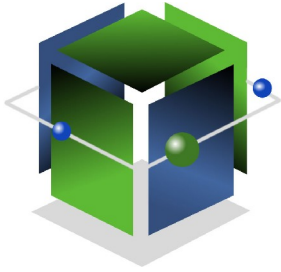


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

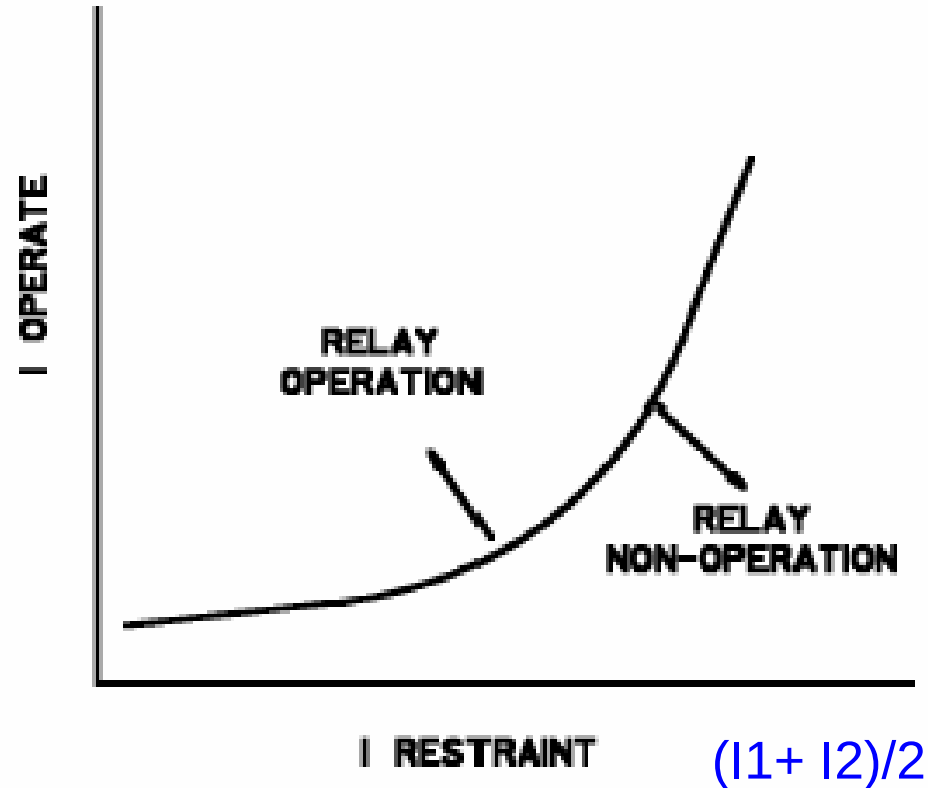
- **PROTECCIÓN DIFERENCIAL.**





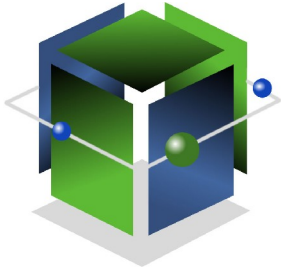
PROTECCIÓN DE GENERADORES

$$I_0 = I_2 - I_1$$



Variable slope differential relay

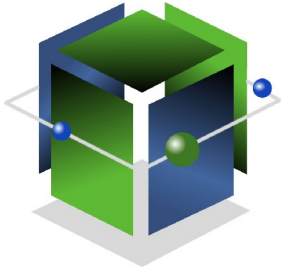
CARACTERISTICA DE OPERACIÓN



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

El rele diferencial con pendiente variable es el mas utilizado para protección de generadores. En este tipo de relé la pendiente puede ser variable desde un 5 % hasta un 50 % o más. Esta característica resulta en equipos que son sensibles a fallas internas e insensibles a los errores de los TC durante fallas severas.

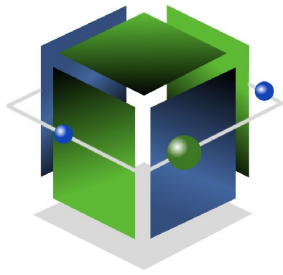


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

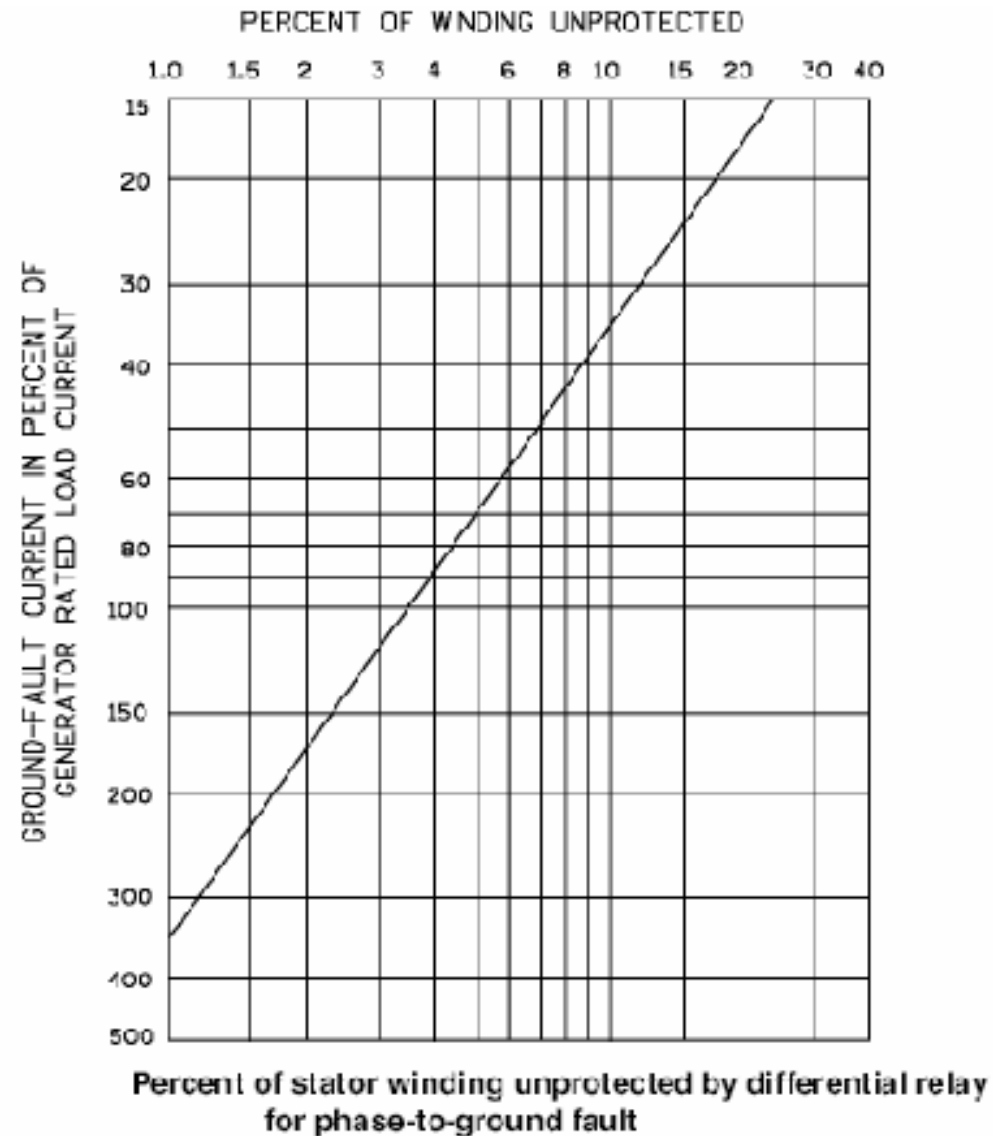
- **PROTECCIÓN FALLA A TIERRA.**

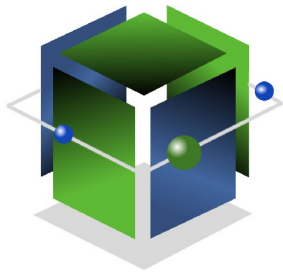
Como la protección diferencial no detecta todas las fallas a tierra, como se indica en la siguiente tabla, se hace necesario complementarla con la detección de falla a tierra



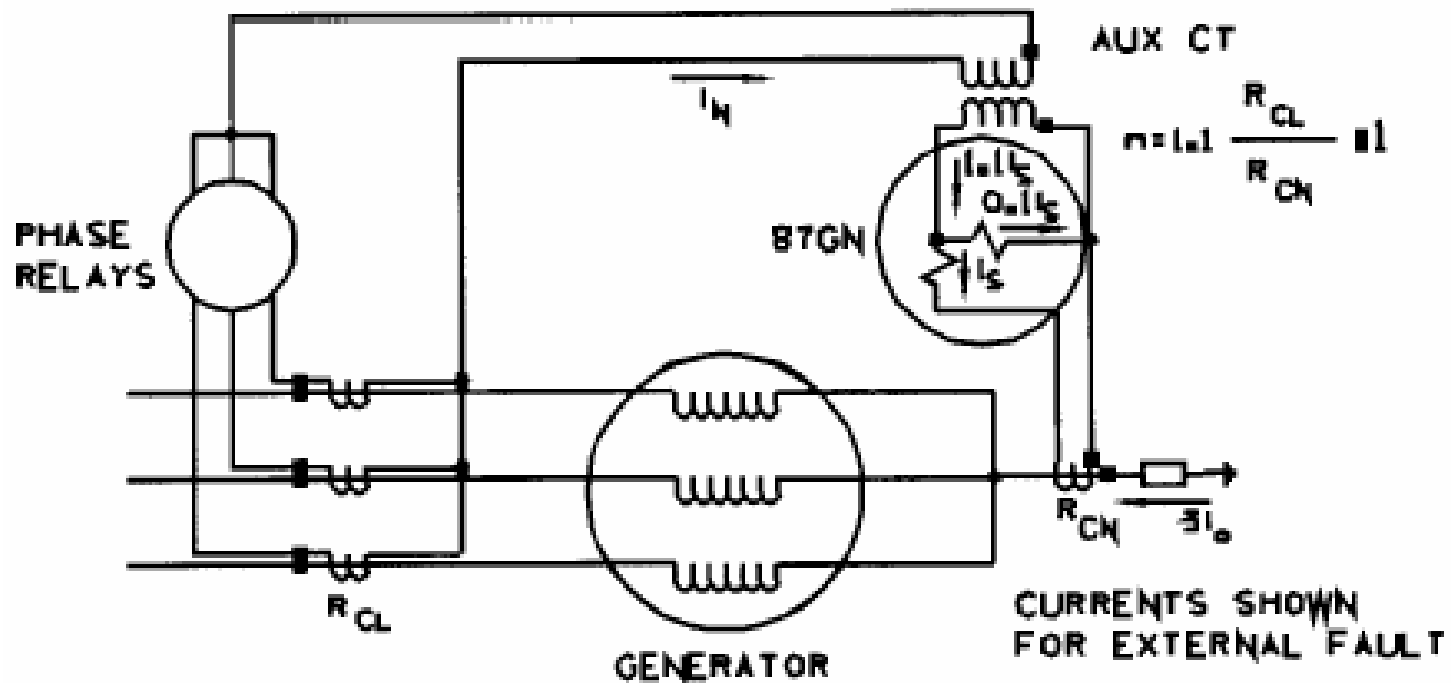
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

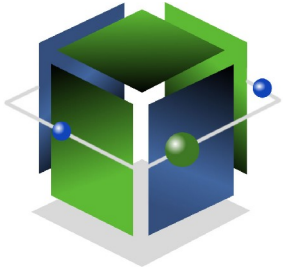




PROTECCIÓN DE GENERADORES



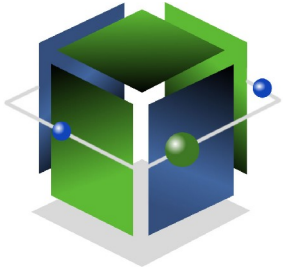
Generator ground differential protection using product relay



- **PROTECCIÓN TEMPERATURA EN EL ESTATOR (49).**

La mayoría de los generadores son fabricados con sensores de temperatura ubicados en las bobinas del estator. Estos son usualmente RTD o termocupla. El RTD detecta la temperatura por cambio de valor en la resistencia del sensor y la termocupla detecta temperatura por cambio de voltaje inducido en la unión de la misma.

Estos sensores son usados para monitorear continuamente la temperatura en el estator. En sistemas atendidos se usan como alarma y toma de valores para llevar estadísticas, y en sistemas desatendidos como alarma, disparo y toma de valores.



- **PROTECCIÓN FALLA A TIERRA DEL ROTOR.**

No existen métodos sencillos para una protección directa de falla del rotor. Existen varios métodos indirectos que son usados que aproximan la temperatura del rotor o actúan directamente sobre valores de corriente que proyectan tales temperaturas. Por ejemplo podemos mencionar corrientes de secuencia negativa en el estator, pérdida de excitación, pérdida de sincronismo y motorización.

Para estos tipos de falla existen los reles adecuados para esas fallas.

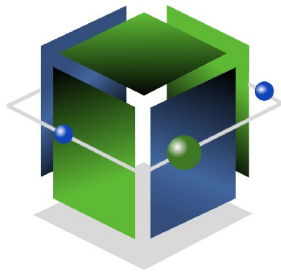


- **PROTECCIÓN CORRIENTES DE SECUENCIA NEGATIVA. (46/47)**

Es práctica común proveer al generador de protección contra condiciones de des- balance del sistema. Esta protección consiste de un rele de tiempo y sobre corriente para las corrientes de secuencia negativa.

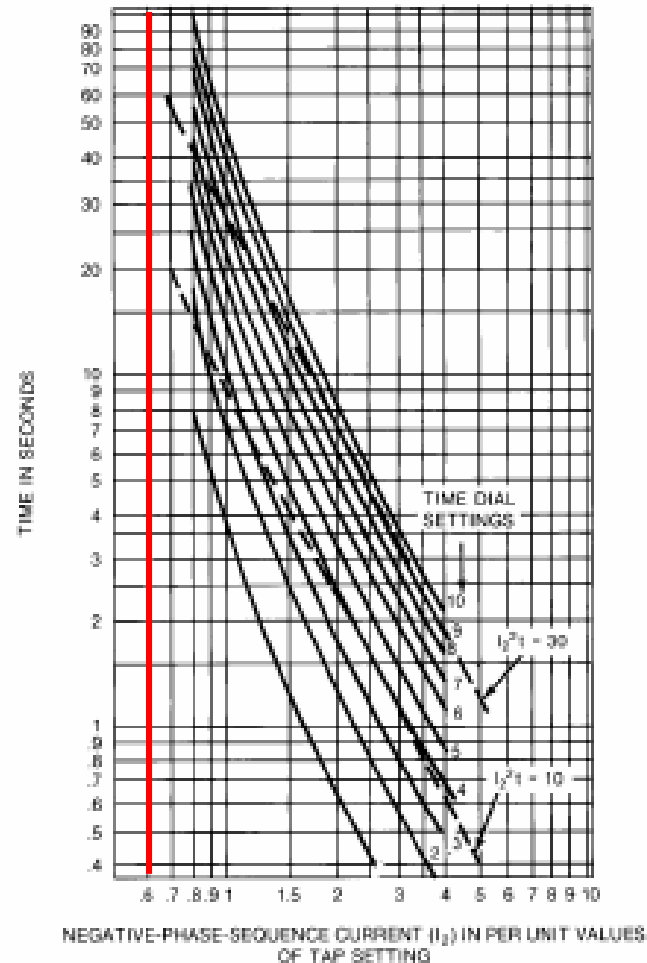
El ajuste determina el nivel de protección del rele y deberá estar ajustado en función al límite $I^2 t$ de la máquina a proteger.

El arranque (Pick Up) es generalmente 0.6 pu del valor nominal del generador.

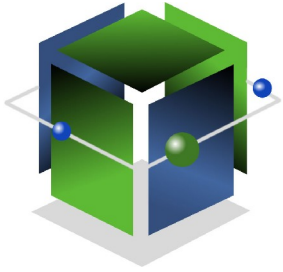


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES



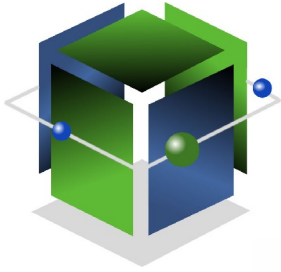
Characteristics of electromechanical negative-sequence overcurrent relay showing generator I_2^2t limits



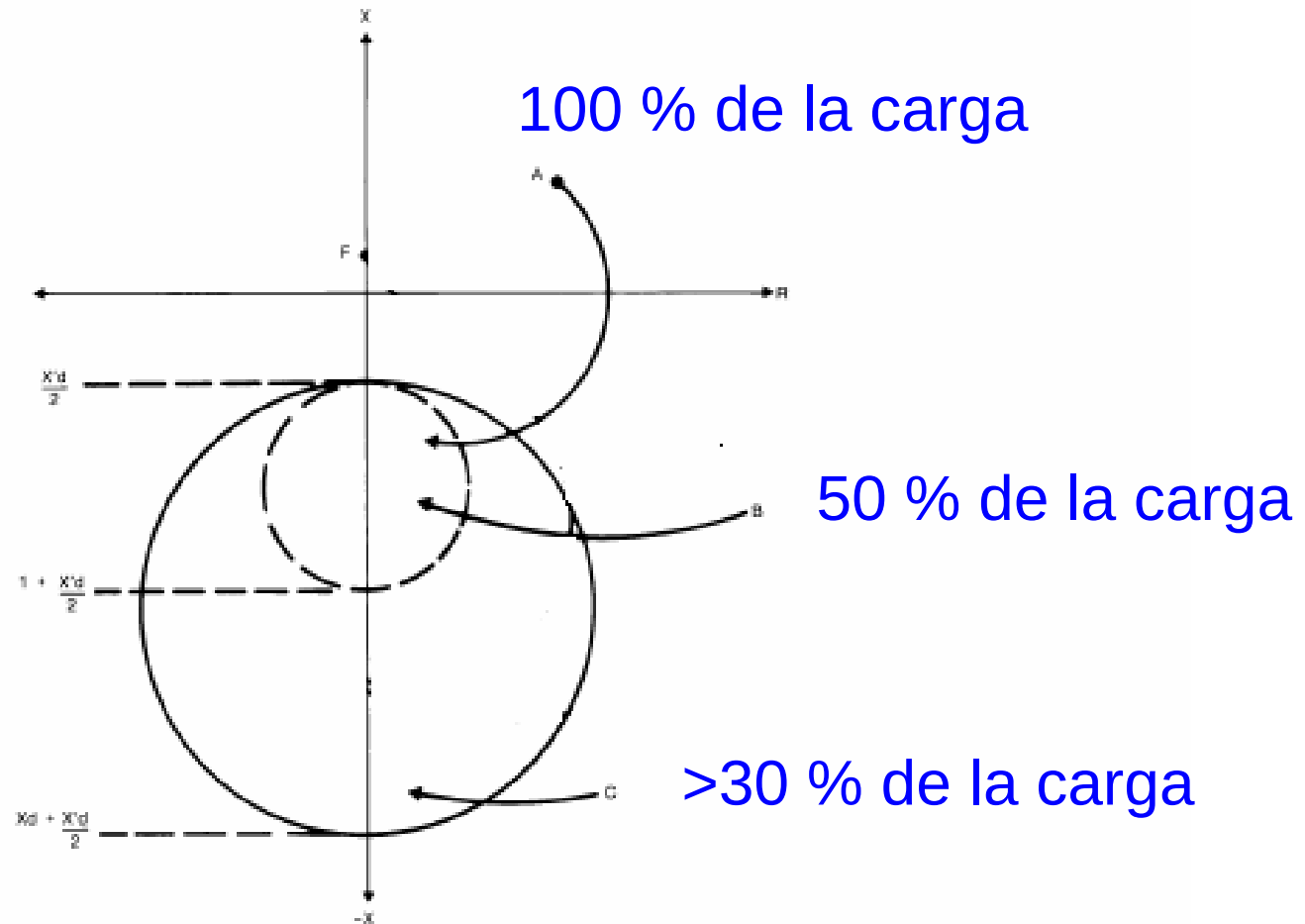
- **PROTECCIÓN PÉRDIDA DE EXCITACIÓN.**

El método más usado para la detección de pérdida de excitación en los generadores, es el uso de los reles a distancia (21) los cuales miran la impedancia de la máquina desde los terminales de la misma.

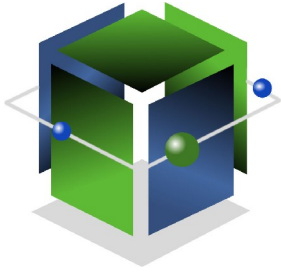
En la siguiente figura se muestra las distintas formas como ve el rele la impedancia del generador en función a los niveles de carga.



PROTECCIÓN DE GENERADORES



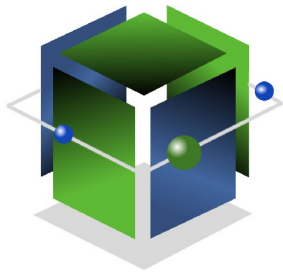
**Loss-of-field impedance relay characteristics using
offset mho distance relays**



PROTECCIÓN DE GENERADORES

Cuando la excitación se pierde a carga completa, la impedancia vista por el dispositivo sigue la curva **A** y finaliza dentro del círculo disparo mostrado en líneas cortadas en el cuarto cuadrante.

La curva **B** representa la impedancia con el generador moderadamente cargado y la curva **C** representa la impedancia con el generador ligeramente cargado y bajo excitado. En este caso, la impedancia puede oscilar dentro y fuera del círculo dependiendo de los ajustes.

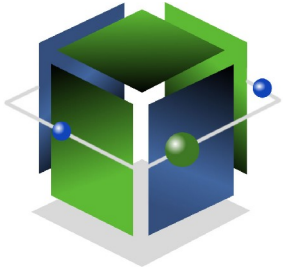


- PROTECCIÓN POTENCIA INVERSA (32).**

La primera indicación de motorizarse el generador es cuando fluye potencia activa de la red hacia la máquina actuando la misma como un motor. La potencia inversa es una condición de operación que se debe evitar en la mayoría de los generadores, ya que puede causar daños a la máquina. La potencia inversa se indica a través de la protección de potencia inversa (32).

Steam turbine	3.0%
Water wheel turbine	0.2%
Gas turbine	50.0%
Diesel engine	25.0%

La potencia inversa es una condición de operación que se debe evitar en la mayoría de los generadores, ya que puede causar daños a la máquina. La potencia inversa se indica a través de la protección de potencia inversa (32).

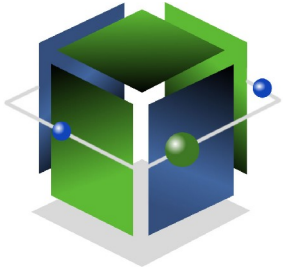


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCIÓN DE GENERADORES

Adicional a esta protección existen los tornillos fusibles, ubicados en el acople entre el generador y la máquina motriz. Estos tornillos se fracturan cuando el generador trata de arrastra a la máquina motriz, presentando esta última un freno al generador convertido en motor sincrónico.

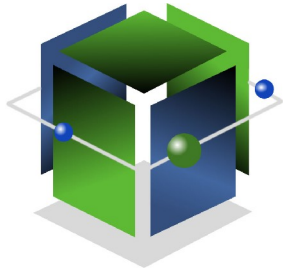
Esta falla se presenta normalmente cuando falla la presión del combustible de la máquina motriz.



- **RELE DE SICRONISMO.**

El sincronismo inapropiado de un generador con la red resulta en serios daños al generador, estos ocasionan desplazamiento en el acople, incrementa la vibración en el eje, afecta la alineación en los cojinetes, afloja el bobinado y las láminas del estator y produce fatiga a otras partes mecánicas.

De manera de evitar daños durante la sincronización, el fabricante del generador generalmente provee los límites de sincronización en términos ángulo en el momento de cierre y igualación de magnitud de voltaje.



En cuanto al ángulo, según la práctica, se trata de cerrar a 10° antes de llegar a cero grado de coincidencia entre el generador y la red. Esta viene dada por la siguiente fórmula:

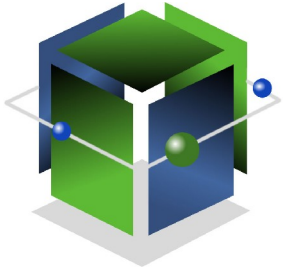
$$\Phi A = 360(F_S)(T_S)$$

where

ΦA is the advance angle ($^\circ$),

F_S is the slip frequency (Hz),

T_S is the breaker closing time (s).

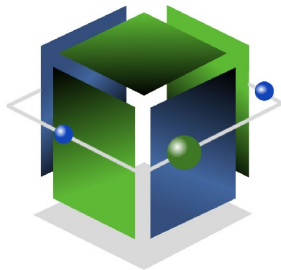


PROTECCIÓN DE GENERADORES

En relación a la diferencia de magnitud de voltaje, se recomienda ajustar la diferencia entre 0 % al 5 % como máximo. Este límite ayuda en mantener la estabilidad del sistema, asegurando un mínimo de flujo de potencia reactiva dentro del sistema.

Si el voltaje del generador está excesivamente por debajo del voltaje de la red cuando el interruptor es cerrado, la protección 32 al estar sensible puede disparar al interruptor.

Con la protección 25 se puede implementar un sincronismo automático o semi automático.



PROTECCIÓN DE GENERADORES

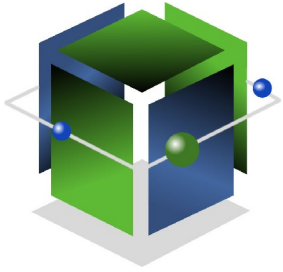
Table 12-3— Trip logic table

Device	Simultaneous trip	Generator trip	Unit separation trip	Sequential trip	Alarm only
Prime mover	X			1	
Generator breaker	X	X	X	2	
Field breaker	X	X		3	
Transfer auxiliaries	X	X		3	
21 or 51V	NOTE 1		NOTE 1		
24		X			
32	X				
40		X			
46		X			
49					X
50/51	X				
51GN	X				
53		X			
59	NOTE 2				X
59GN	X				
60					X
64F		X			
78			X		
81			X		
87G	X				
87GN	X				
87U	X				

NOTES

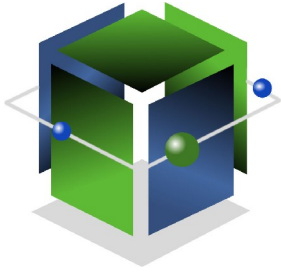
1—If 21/51V is used as primary protection, use simultaneous trip method. If used as backup, use unit separation trip method.

2—Device 59 should initiate a simultaneous trip at hydro units. Thermal units only need to be alarmed.



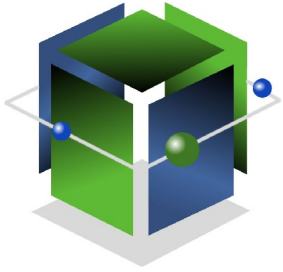
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES MULTIFUNCIÓN



Con la implementación de nuevas tecnologías y con el crecimiento vertiginoso de los sistemas eléctricos de potencia, se requiere que los dispositivos de protección sean de repuestas más rápidas y que estos equipos a su vez sean mas confiables.

Los equipos tradicionales electromagnéticos de las décadas 60 – 70, son propensos a disminuir su velocidad de repuesta por la acumulación de polvo u otras partículas contaminantes o actuar incorrectamente por efecto de vibraciones. Esto trae como consecuencia mayor mantenimiento que a su vez incrementa los costos de operación.



Un dispositivo estático carecería de estas desventajas y por el contrario, habría posibilidades de crear numerosas funciones que sería prohibitivo en un rele electromagnético.

Además de las protecciones, mejor adaptadas para la curva de daños de los equipos y la coordinación, se crearían mediciones y se mostraría el comportamiento de las corrientes y voltajes durante el momento transitorio de una falla (Muestras oscilo - gráficas).

Los circuitos digitales poseen dos condiciones o estados claramente definidos, el “ON” o uno lógico y el “OFF” o cero lógico, no habiendo estados intermedios.



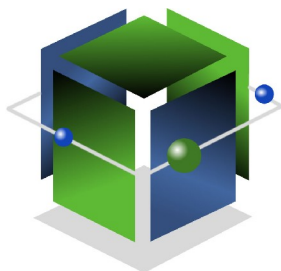
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES MULTIFUNCIÓN

La información transmitida es muy precisa y por ende introduce mucho menos error.

Un rele digital sería la solución que cumpliría con las necesidades de hoy en día, haciendo la protección más segura y confiable.

En algunos casos han sido afectados por la temperatura y la humedad ambiental, en aquellos sitios tropicales y muy calurosos.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES MULTIFUNCIÓN

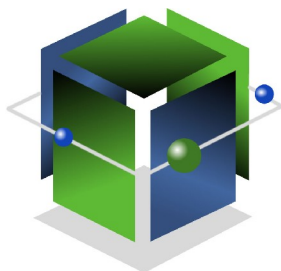
*Sistema de protección para
motores de tamaño medio
y pequeño*



Protección

- Sobrecarga (15 curvas seleccionables)
- Cortocircuito
- Rotor bloqueado / bloqueo mecánico
- Bloqueo de la memoria térmica
- Desequilibrio
- Faltas a tierra
- Máxima temperatura: termistor
- Tres entradas de RTD (opcional)
- Mínima intensidad
- Salidas de disparo / alarma / auxiliares / alarma de equipo
- Cinco entradas digitales

RELE 239 PARA MOTORES



*Funciones de protección,
medida y monitorización
para generadores*



PROTECCIÓN DE GENERADORES 489

Protección y control

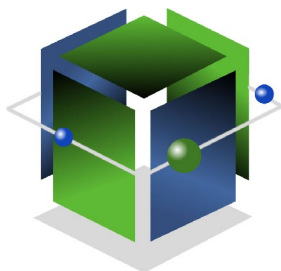
- Diferencial
- 100% tierra estator
- Sobreintensidad direccional de tierra
- Anti-motorización (potencia inversa)
- Pérdida de campo
- Sobreintensidad de secuencia negativa
- Sobreintensidad
- Sobreintensidad con frenado por tensión
- Sobrees excitación, V/Hz
- Mínima y máxima tensión
- Inversión de fase de tensión
- Mínima y máxima frecuencia
- Distancia
- Sobretemperatura del estator
- Sobretemperatura de los rodamientos, vibración
- Energización accidental del generador
- Detección del fallo del interruptor
- Sobrevelocidad
- Detección del fallo de fusible
- Supervisión de la bobina de disparo
- 4 salidas analógicas, 4 entradas analógicas
- 7 entradas digitales, 12 entradas RTD

Medida y monitorización

- Medida: A V W var VA Wh varh PF Hz
- Demanda: A W var VA
- Registro de sucesos: últimos 40 sucesos
- Oscilografía: 64 ciclos

Interfaz de usuario

- Display de 40 caracteres, teclado completo
- Un puerto RS232, dos puertos RS485
- Modbus RTU, DNP 3.0



PROTECCIÓN PARA TRANSFORMADORES 745

Aplicación

- Transformadores pequeños, medianos y grandes

Protección y Control

- Diferencial porcentual
- Frenado por armónicos adaptable
- Múltiples elementos de sobreintensidad
- Elementos de S/I de tiempo adaptable
- Mínima frecuencia
- Tasa de variación de frecuencia
- Sobreexcitación
- Múltiples grupos de ajustes
- Falta a tierra restringida (opcional)
- 1 entrada analógica de transductor (opcional)
- 16 entradas digitales (lógicas)
- 7 salidas analógicas de transductor (opcionales)
- 9 salidas de control
- Pérdida de vida (opcional)

Medida y Monitorización

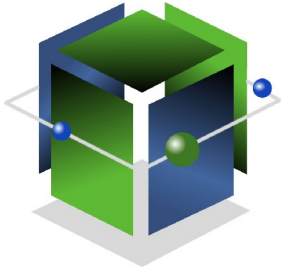
- Todos los valores de intensidad
- THD y armónicos
- Demanda
- Análisis de armónicos
- Tensión
- Potencia trifásica calculada
- Posición de la toma
- Temperatura ambiente
- Captura y reproducción de oscilografía
- Modo simulación



The image shows the front panel of an ABB IMPRS Overcurrent Protective Relay System. The panel is dark with a light-colored display area. At the top left is the ABB logo. To its right, the text "OVERCURRENT PROTECTIVE RELAY SYSTEM" is printed. Below the logo, there are several indicator lights and a "RESET" button. In the center of the panel is a large, square, grid-based display showing the letters "IMPRS". To the right of the display is a small, rectangular, white label with text that is partially obscured. At the bottom of the panel, there is a small, dark, triangular logo.

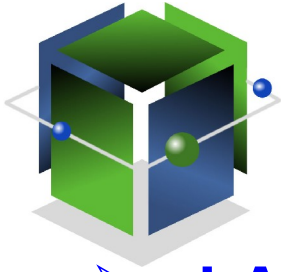
- Phase and Ground Fault Protection
- Current Monitoring
- Accumulation of Breaker Interrupting Current
- Fault Event Recording
- Continuous Self-Diagnostics
- Communications Capability
- Non-Volatile Memory
- Drawout Construction
- Breaker Failure to Operate Alarm

Ground Overcurrent Protection
Device Number: 50N/51N



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CONCLUSIÓN

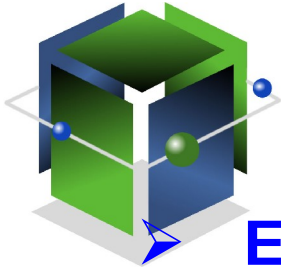


➤ LAS CAUSAS COMUNES QUE GENERAN FALLAS EN LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS SON:

- 1) Contaminación del medio ambiente (Salitre, químicos).
- 2) Descargas atmosféricas.
- 3) Huracanes, tormentas.
- 4) Accidentes aéreos.
- 5) Sabotaje.
- 6) Sobre voltajes por operación de interruptores (230 kV en adelante).
- 7) Contacto con animales.
- 8) Árboles y arbustos.

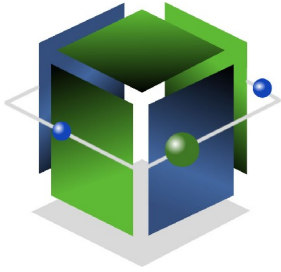


- NO ES POSIBLE DISEÑAR UN SISTEMA DE POTENCIA 100% SEGURO CUESTE LO QUE CUESTE.
- LOS SISTEMAS DE POTENCIA PUEDEN DISEÑARSE PARA QUE OPEREN EFECTIVAMENTE BAJO LAS CONDICIONES 1), 2), 3), 7) y 8).
- PARA LOS EVENTOS CATASTRÓFICOS 4), 5), Y 6) ES ECONOMICAMENTE IMPOSIBLE DISEÑARLOS PARA UNA OPERACIÓN EFECTIVA.



EXISTEN FORMAS Y MANERAS DE MINIMIZAR LOS EFECTOS DE DAÑOS EN LOS EQUIPOS DURANTE LAS FALLAS:

- 1) Limitar las fallas de corrientes.
- 2) Adecuado diseño para soportar los esfuerzos mecánicos y los efectos térmicos.
- 3) Uso de reles que garanticen un despegue rápido.
- 4) Uso de interruptores de apertura rápida.
- 5) Protección de sobre voltaje temporizada para evitar disparos durante bajos voltaje transitorios.
- 6) Uso de reclosing.
- 7) Adecuada reserva de generación y transformación.
- 8) Reguladores de voltaje rápidos.
- 9) Un buen sistema de auditoría (Estadísticas / Oscilog.)

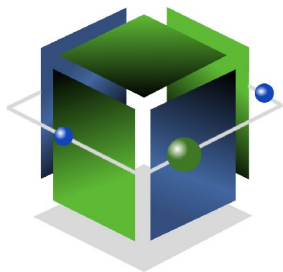


➤ LA APLICACIÓN DE PROTECCIONES SOBRE UN SISTEMA DE POTENCIA BIEN DISEÑADO ES RELATIVAMENTE FÁCIL DE REALIZAR, SIN EMBARGO ESTA PROTECCIÓN NO SUSTITUIRÁ EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POTENCIA Y SE HARÁ DIFÍCIL O IMPOSIBLE EN OBTENER BUENOS RESULTADOS DE OPERACIÓN SI DICHO SISTEMA ES POBREMENTE DISEÑADO.



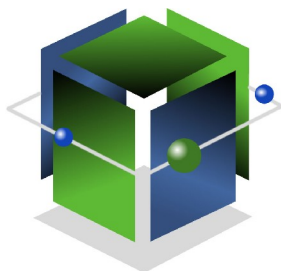
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

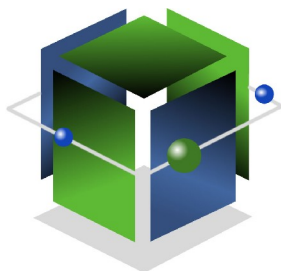
ANEXOS



MVA's APROXIMADOS PARA MOTORES DE JAULA DE ARDILLA, 0.8 fp

Hp	Volts	MVA	X*d	MVAcc
30	440	0.03	0.20	0.15
40	440	0.04	0.20	0.20
50	440	0.05	0.20	0.25
75	440	0.075	0.20	0.38
100	440	0.10	0.20	0.50
125	440	0.125	0.20	0.63
200	2300	0.20	0.17	1.18
250	2300	0.25	0.17	1.47
300	2300	0.30	0.17	1.76
200	4160	0.20	0.17	1.18
300	4160	0.30	0.17	1.76
400	4160	0.40	0.17	2.35
500	4160	0.50	0.17	2.94
600	4160	0.60	0.17	3.53
1000	4160	1.00	0.17	5.88
300	6900	0.30	0.17	1.76
350	6900	0.35	0.17	2.06
400	6900	0.40	0.17	2.35
500	6900	0.50	0.17	2.94
600	6900	0.60	0.17	3.53
1000	6900	1.00	0.17	5.88
2500	6900	2.50	0.17	14.70

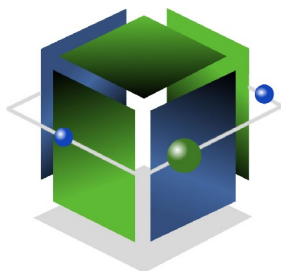
Para grupos de motores menores de 50 hp utilizar $X*d = 0.25$



CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LINEAS AEREAS 50°C

Arreglo	Conductor	Z Ohm/kM	MVAcc.km
34.500 Voltios			
Torre (Verti)	Arv. 4/0	0.282+j0.432	2307
Torre (Verti)	Cob. 2/0	0.293+j0.456	2195
6.900 Voltios			
Poste (Horiz)	Arv. 4/0	0.282+j0.4043	96
Poste (Horiz)	Arv. 3/0	0.356+j0.4233	86
Poste (Horiz)	Cob. 2/0	0.293+j0.4279	92
Poste (Horiz)	Cob. 1/0	0.370+j0.4366	83
Poste (Verti)	Arv. 4/0	0.282+j0.4074	96
Poste (Verti)	Arv. 3/0	0.356+j0.4233	86
Poste (Verti)	Cob. 2/0	0.293+j0.4279	91
Poste (Verti)	Cob. 1/0	0.370+j0.4366	83
Torre (Verti)	Arv. 4/0	0.282+j0.4074	95
Torre (Verti)	Cob. 2/0	0.293+j0.4350	90
460 Voltios			
Poste (Horiz)	Alu. 1/0	0.4707+j0.5069	0.31
Poste (Horiz)	Alu. 2/0	0.3741+j0.4970	0.34
Poste (Horiz)	Alu. 3/0	0.2958+j0.4849	0.37
Poste (Horiz)	Alu. 4/0	0.2349+j0.4600	0.41
230 Voltios			
Poste (Horiz)	Alu. 1/0	0.4707+j0.5046	0.077
Poste (Horiz)	Alu. 2/0	0.3741+j0.4952	0.085
Poste (Horiz)	Alu. 3/0	0.2958+j0.4886	0.093
Poste (Horiz)	Alu. 4/0	0.2349+j0.4633	0.102

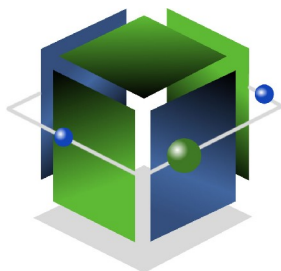
Para calcular los MVA de cortocircuito de una línea, divida el valor MVAcc.kM de la tabla por la longitud de la línea en kilómetros.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CABLES ARMADOS

Calibre	Z $\mu\Omega/m$	Tensión kV	MVAcc.km
3 x 95 MCM	389+j149	34.5	2658
3 x 127 MCM	330+j179	34.5	3170
3 x 362 MCM	103+j123	34.5	7415
3 x 1 x 637 MCM	115+j210	34.5	4969
3 x 1 x 500 MCM	91+j150	34.5	6784
3 x 1/0	428+j130	12.0	320
3 x 2/0	340+j127	12.0	396
3 x 4/0	215+j119	12.0	586
3 x 1/0	428+j131	6.9	106
3 x 2/0	340+j127	6.9	131
3 x 4/0	215+j119	6.9	194
3 x 250 MCM	182+j115	6.9	221
3 x 350 MCM	131+j111	6.9	277
3 x 2	636+j104	4.16	27
3 x 1/0	428+j131	4.16	39
3 x 2/0	340+j127	4.16	48
3 x 4/0	215+j119	4.16	70
3 x 250 MCM	182+j115	4.16	80
3 x 350 MCM	131+j111	4.16	101
3 x 4	1012+j109	0.46	0.228
3 x 2	636+j104	0.46	0.328
3 x 1/0	400+j102	0.46	0.513
3 x 2/0	317+j100	0.46	0.637
3 x 4/0	200+j95	0.46	0.960
3 x 250 MCM	169+j96	0.46	1.089
3 x 350 MCM	131+j111	0.46	1.31
3 x 500 MCM	105+j90	0.46	1.53

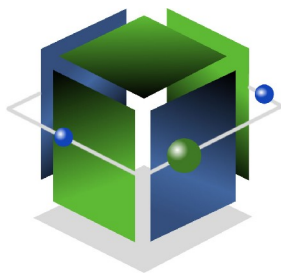
Para calcular los MVA de cortocircuito de un cable, divida el valor MVAcc.km de la tabla por la longitud del cable en kilómetros.



BANCOS TRIFASICOS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
6900/480-220

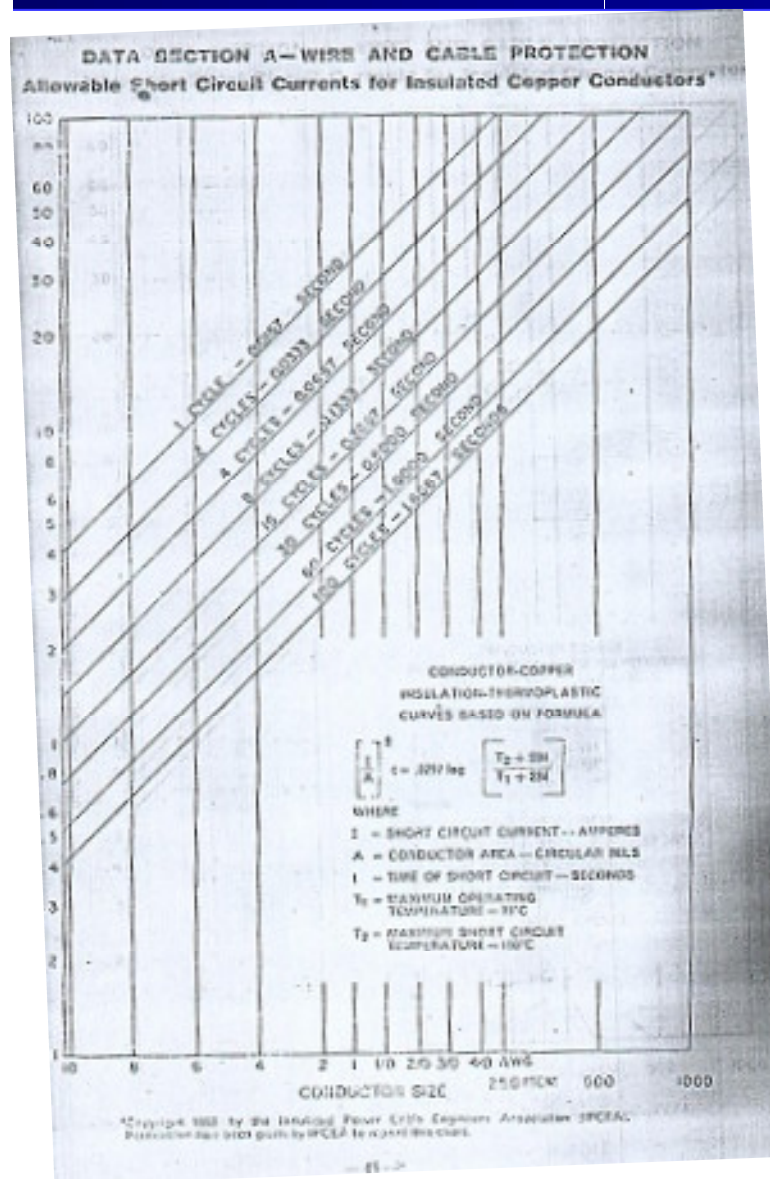
Capacidad del transfor.(kVA)	Cantidad	MVA	MVAcc Mínimo	MVAcc Máximo
10	2	0.018	0.45	0.90
	3	0.030	0.75	1.50
15	2	0.027	0.68	1.35
	3	0.045	1.13	2.25
20	2	0.036	0.90	1.80
	3	0.060	1.50	3.00
25	2	0.045	1.13	2.25
	3	0.075	1.88	3.75
50	2	0.090	2.25	4.50
	3	0.150	3.75	7.50
75	2	0.135	3.38	6.75
	3	0.225	5.63	11.25
100	2	0.189	4.50	9.00
	3	0.300	7.50	15.00
150	2	0.270	6.75	13.50
	3	0.450	11.25	22.50
167	2	0.300	7.50	15.00
	3	0.500	12.50	25.00

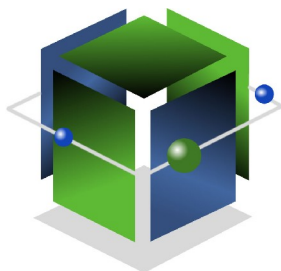
Utilizar los datos de la tabla cuando se desconozca el valor exacto de la impedancia. El valor mínimo asume que $Z = 4\%$ y el valor máximo se calculó con $Z = 2\%$.



SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

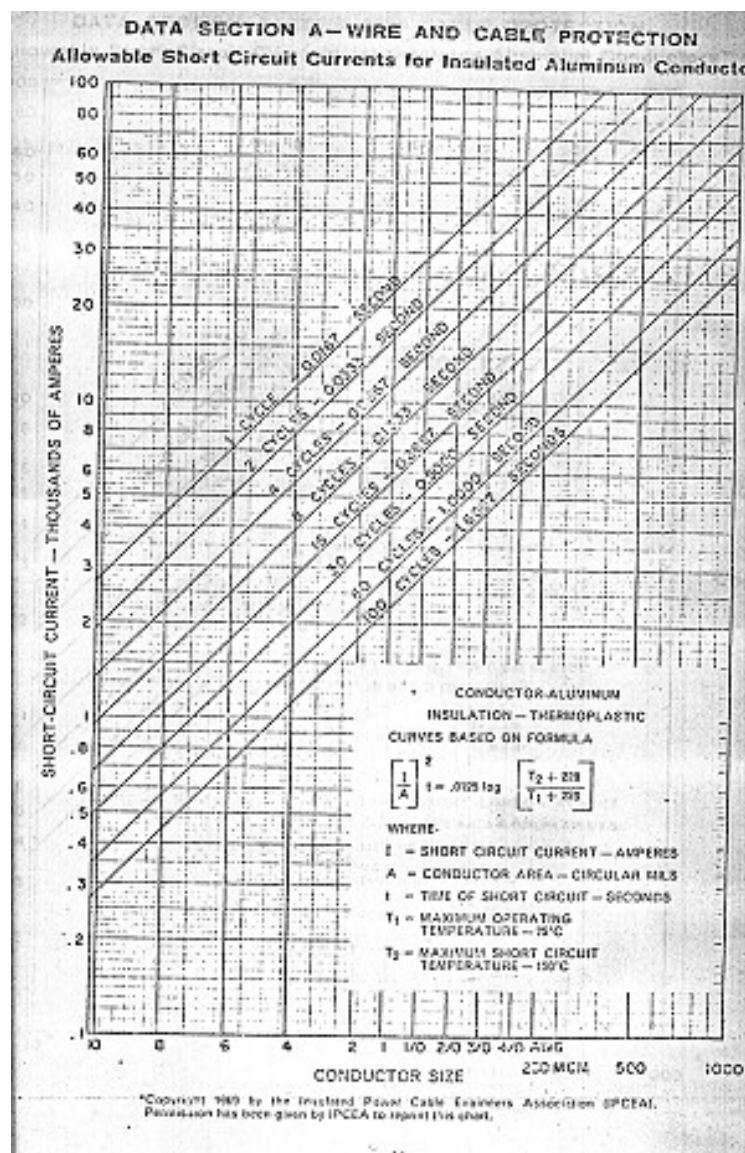
CAPACIDAD CC CABLES

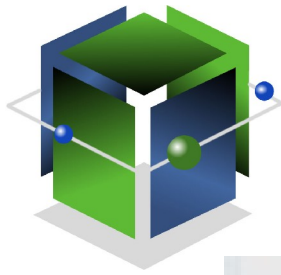




SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

CAPACIDAD CC CABLES

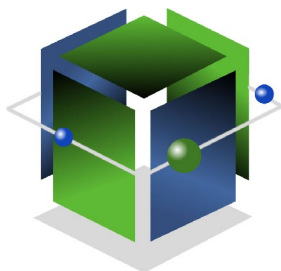




ASYMMETRICAL FACTORS†

Short-circuit Power Factor, Percent	Short Circuit X/R Ratio	Ratio to Symmetrical Rms Amperes		
		Maximum 1-phase Instantaneous Peak Amperes I_{ip}	Maximum 1-phase Rms Amperes at $\frac{1}{2}$ Cycle I_m (Asymmetrical Factor)	Average 3-phase Rms Amperes at $\frac{1}{2}$ Cycle I_{av}
0	∞	2.828	1.732	1.394
1	100.00	2.766	1.666	1.371
2	49.593	2.743	1.605	1.355
3	33.333	2.702	1.629	1.336
4	24.999	2.663	1.598	1.318
5	19.571	2.625	1.568	1.301
6	15.625	2.589	1.540	1.283
7	14.286	2.554	1.511	1.270
8	12.400	2.520	1.485	1.255
9	11.000	2.487	1.460	1.241
10	9.999	2.455	1.436	1.229
11	9.091	2.424	1.413	1.216
12	8.333	2.394	1.391	1.204
13	7.692	2.364	1.372	1.193
14	7.071	2.336	1.350	1.182
15	6.591	2.308	1.330	1.171
16	6.165	2.282	1.312	1.161
17	5.767	2.256	1.291	1.152

(Continued)

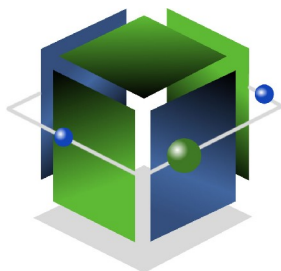


SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

FACTOR ASIMETRICO

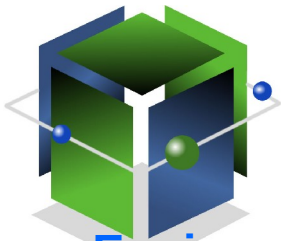
ASYMMETRICAL FACTORS † (Con't.)				
Short-circuit Power Factor, Percent	Short Circuit X/H Ratio	Ratio to Symmetrical Rms Amperes		
		Maximum 1-phase Instantaneous Peak Amperes M_p	Maximum 1-phase Rms Amperes at $\frac{1}{2}$ Cycle M_{a1} (Asymmetrical Factor)	Average 2-phase Rms Amperes at $\frac{1}{2}$ Cycle M_a
18	5.4649	2.231	1.277	1.143
19	5.1672	2.207	1.262	1.135
20	4.8950	2.183	1.247	1.127
21	4.6557	2.160	1.232	1.119
22	4.4341	2.138	1.216	1.112
23	4.2313	2.11	1.205	1.105
24	4.0450	2.085	1.192	1.099
25	3.8730	2.074	1.181	1.093
26	3.7138	2.054	1.170	1.087
27	3.5661	2.034	1.159	1.081
28	3.4284	2.015	1.149	1.075
29	3.3001	1.996	1.139	1.070
30	3.1728	1.978	1.130	1.066
31	3.0569	1.960	1.121	1.062
32	2.9428	1.943	1.113	1.057
33	2.8304	1.926	1.105	1.053
34	2.7197	1.910	1.098	1.049
35	2.6104	1.894	1.091	1.045
36	2.5026	1.878	1.084	1.041
37	2.3969	1.863	1.078	1.039
38	2.2941	1.848	1.073	1.036
39	2.1931	1.833	1.068	1.033
40	2.0937	1.819	1.062	1.031
41	2.0046	1.805	1.057	1.028
42	1.9168	1.791	1.053	1.026
43	1.8308	1.778	1.048	1.024
44	1.7469	1.765	1.043	1.022
45	1.6645	1.753	1.041	1.020
46	1.5833	1.740	1.038	1.019
47	1.5039	1.728	1.034	1.017
48	1.4277	1.716	1.031	1.016
49	1.3531	1.705	1.029	1.014
50	1.2801	1.694	1.026	1.013
55	1.1189	1.611	1.015	1.008
60	1.0333	1.554	1.009	1.004
65	1.0001	1.533	1.004	1.002
70	1.0002	1.517	1.002	1.001
75	0.9999	1.498	1.000	1.000
80	0.9999	1.480	1.000	1.000
85	0.9999	1.462	1.000	1.000
90	0.9999	1.444	1.000	1.000
95	0.9999	1.426	1.000	1.000
100	0.9999	1.408	1.000	1.000

printed with the permission of IEEE, Pub. No. 50-1-1957, Part 3, pp. 10, 11.



Electrical Formulas

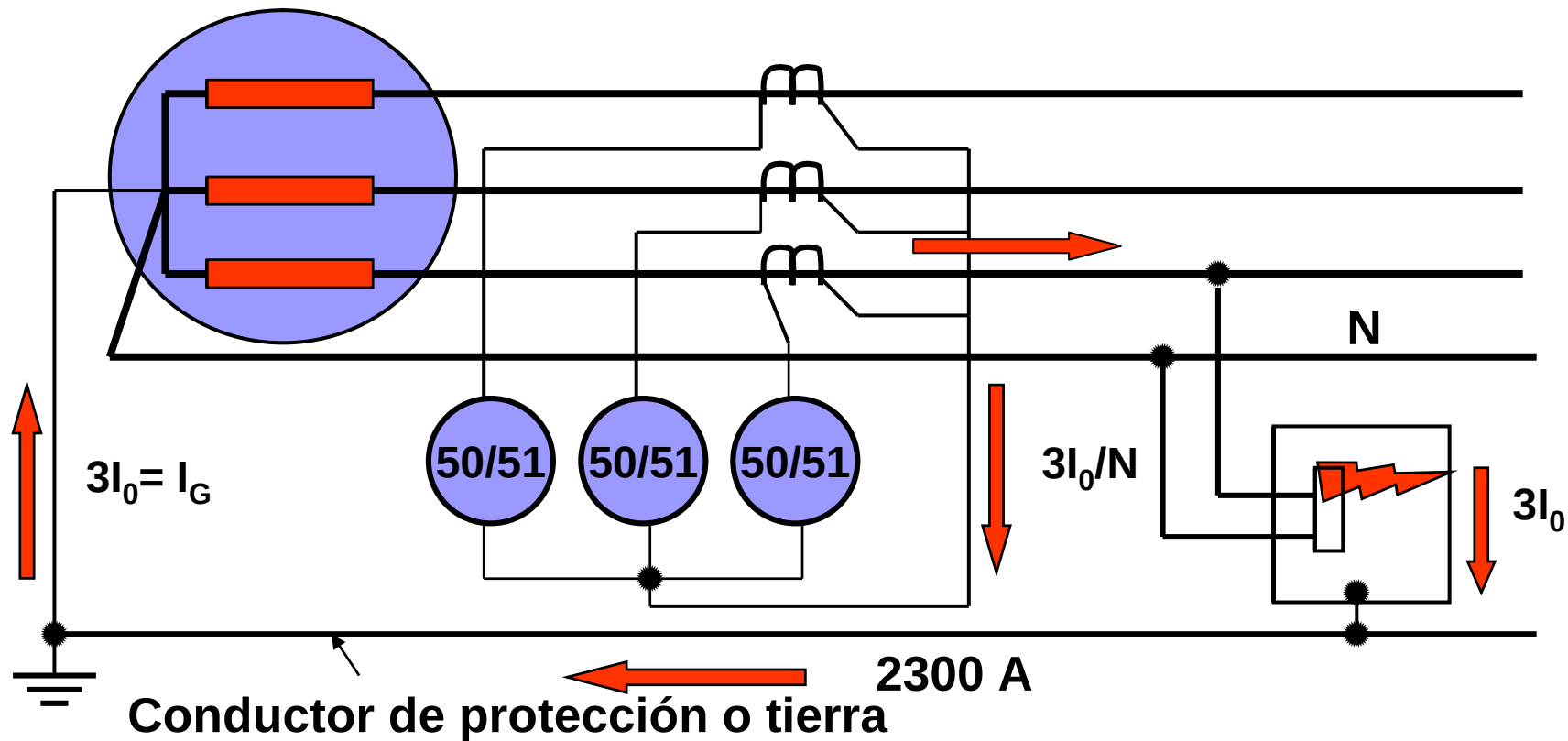
To Find	Single-Phase	Two-Phase	Three-Phase	Direct Current
Amperes when kVA is known	$\frac{kVA \times 1000}{E}$	$\frac{kVA \times 1000}{E \times 2}$	$\frac{kVA \times 1000}{E \times 1.73}$	Not Applicable
Amperes when horsepower is known	$\frac{HP \times 746}{E \times \% \text{ eff.} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{E \times 2 \times \% \text{ eff.} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{E \times 1.73 \times \% \text{ eff.} \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{E \times \% \text{ eff.}}$
Amperes when kilowatts are known	$\frac{kW \times 1000}{E \times pf}$	$\frac{kW \times 1000}{E \times 2 \times pf}$	$\frac{kW \times 1000}{E \times 1.73 \times pf}$	$\frac{kW \times 1000}{E}$
Kilowatts	$\frac{I \times E \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2 \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times pf}{1000}$	$\frac{I \times E}{1000}$
Kilovolt-Amperes	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$	Not Applicable
Horsepower	$\frac{I \times E \times \% \text{ eff.} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times 2 \times \% \text{ eff.} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times \% \text{ eff.} \times pf}{746}$	$\frac{I \times E \times \% \text{ eff.}}{746}$
Watts	$E \times I \times pf$	$I \times E \times 2 \times pf$	$I \times E \times 1.73 \times pf$	$E \times I$
Energy Efficiency = $\frac{\text{Load Horsepower} \times 746}{\text{Load Input kVA} \times 1000}$				
Power Factor = $pf = \frac{\text{Power Consumed}}{\text{Apparent Power}} = \frac{W}{VA}$ or $\frac{kW}{kVA} = \cos\theta$				
I = Amperes	E = Volts	kW = Kilowatts	kVA = Kilovolt-Amperes	
HP = Horsepower	% eff. = Percent Efficiency	pf = Power Factor		



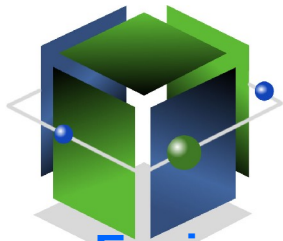
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección



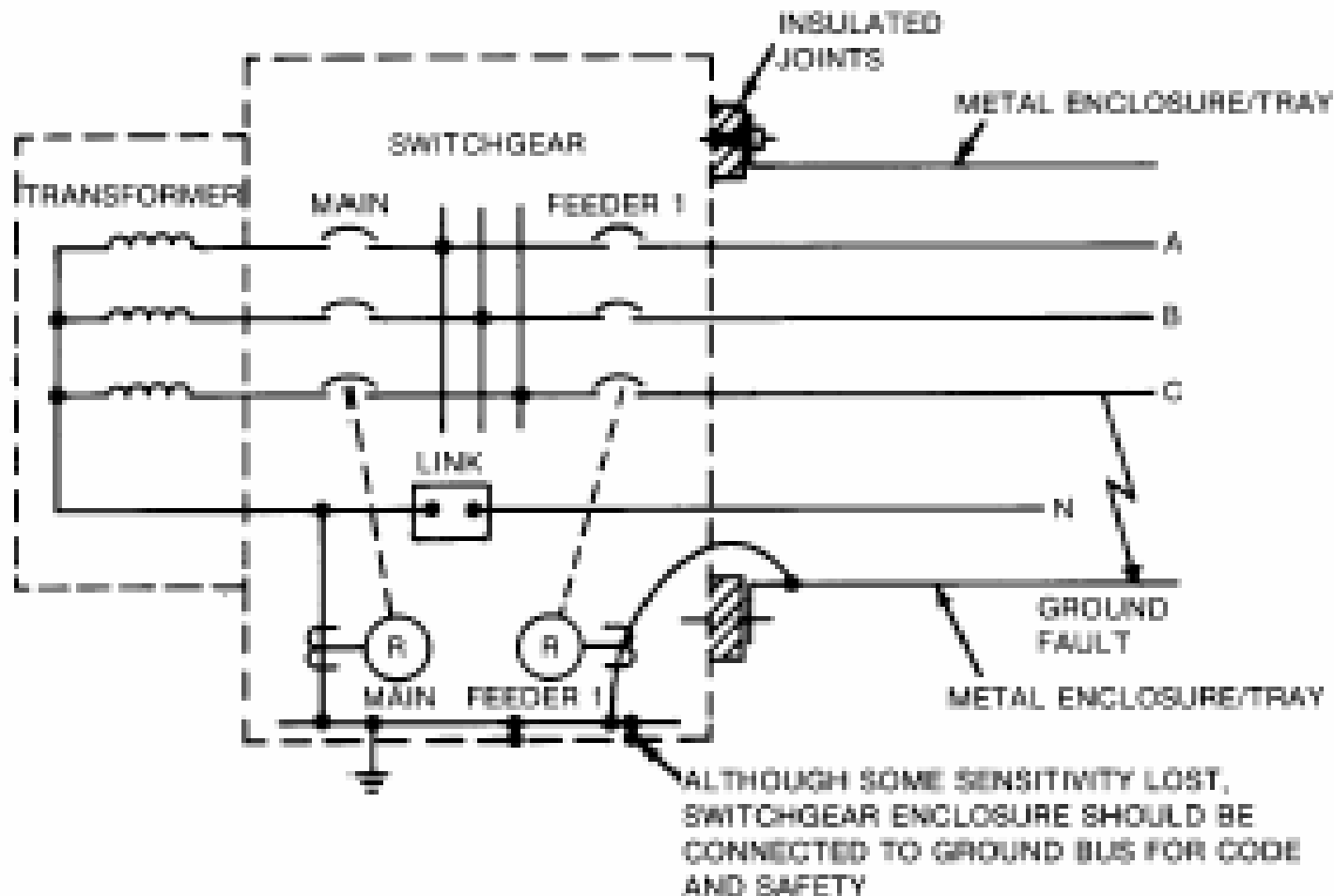
PROTECCION SOBRE CORRIENTE O INSTANTANEA Y/O
TERMOMAGNETICA PARA FALLAS A TIERRA.



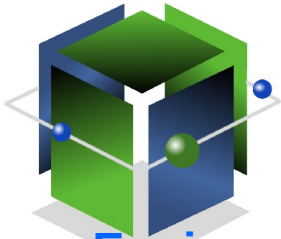
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección



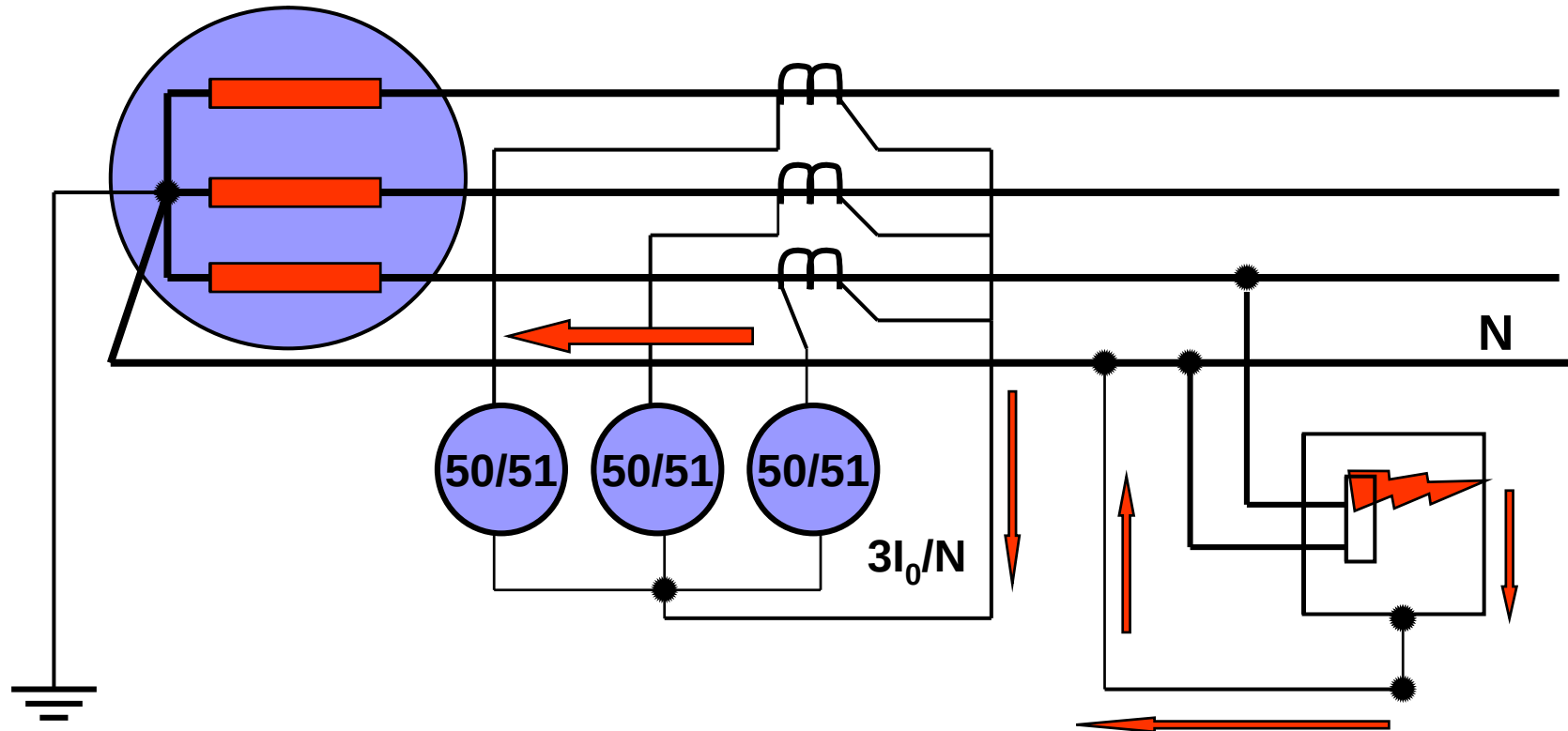
PROTECCION PARA FALLAS A TIERRA AREA INDUSTRIAL



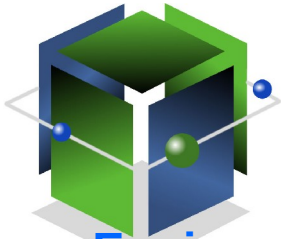
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección



**PROTECCION SOBRE CORRIENTE O INSTANTANEA Y/O
TERMOMAGNETICA PARA FALLAS A TIERRA**

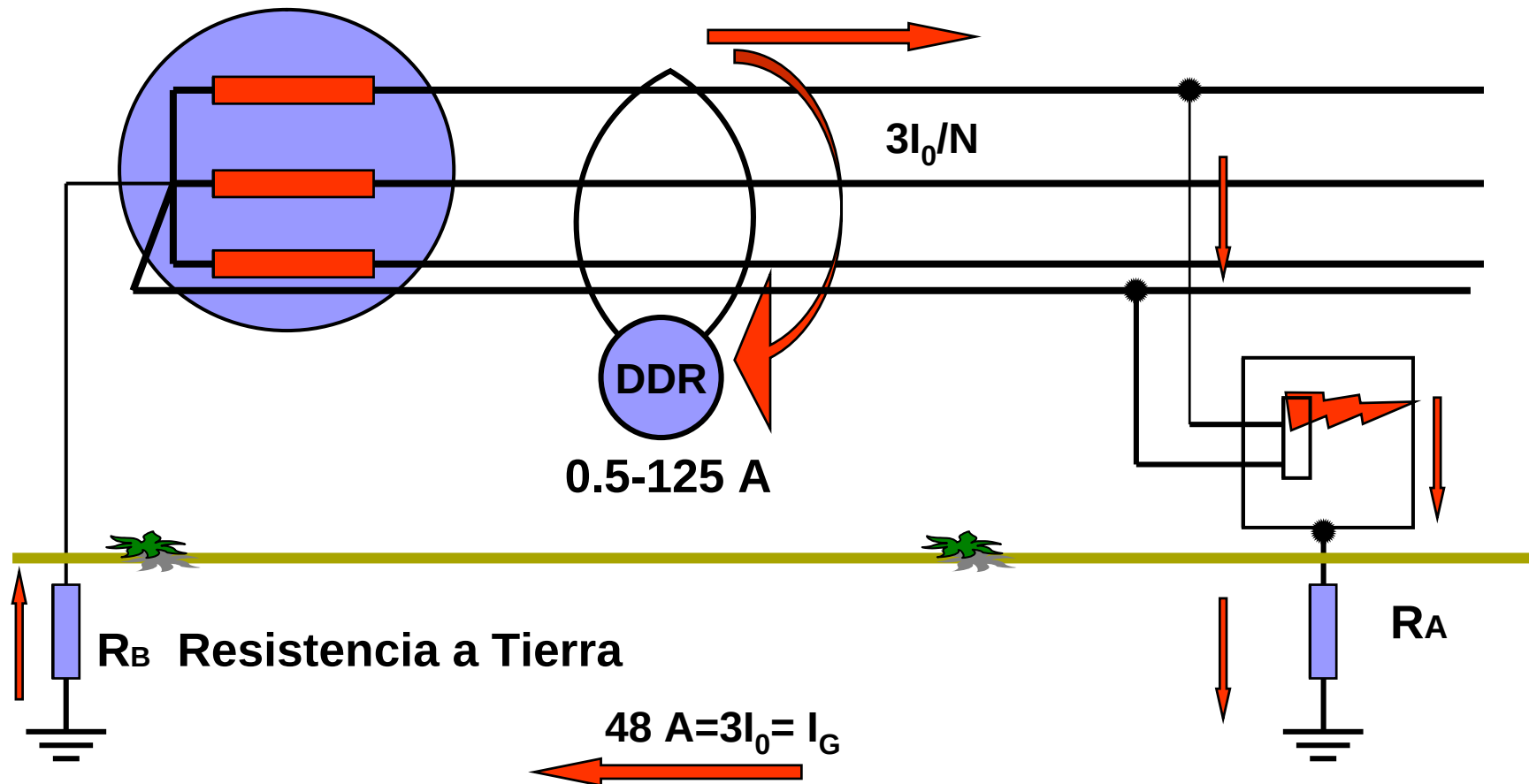


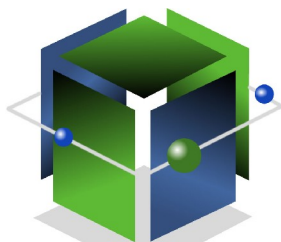
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección

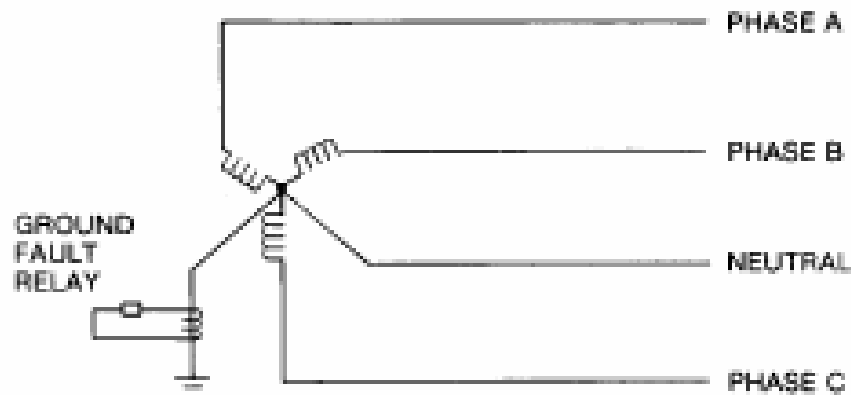
RELE DIFERENCIAL DE CORRIENTE RESIDUAL PARA FALLAS A TIERRA





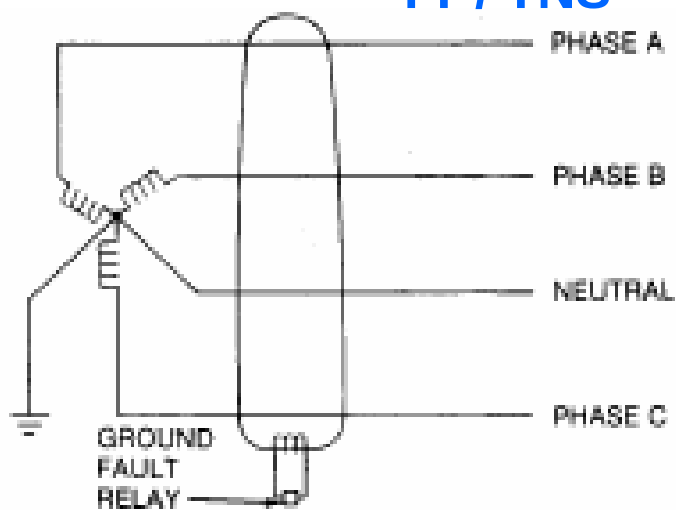
PROTECCION FALLAS A TIERRA

TNS



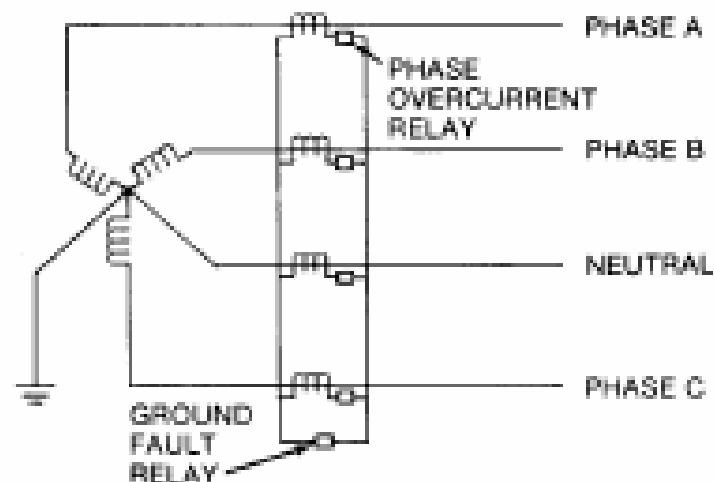
(a) GROUND RETURN

TT / TNS



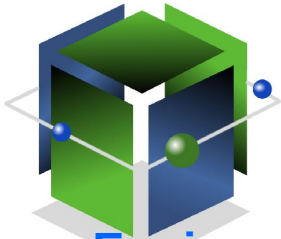
(b) ZERO SEQUENCE

TT / TNS



(c) DIFFERENTIAL CURRENT

**Resumen Detección Falla
a Tierra Recomendado
para un Sistema TT / TNS**

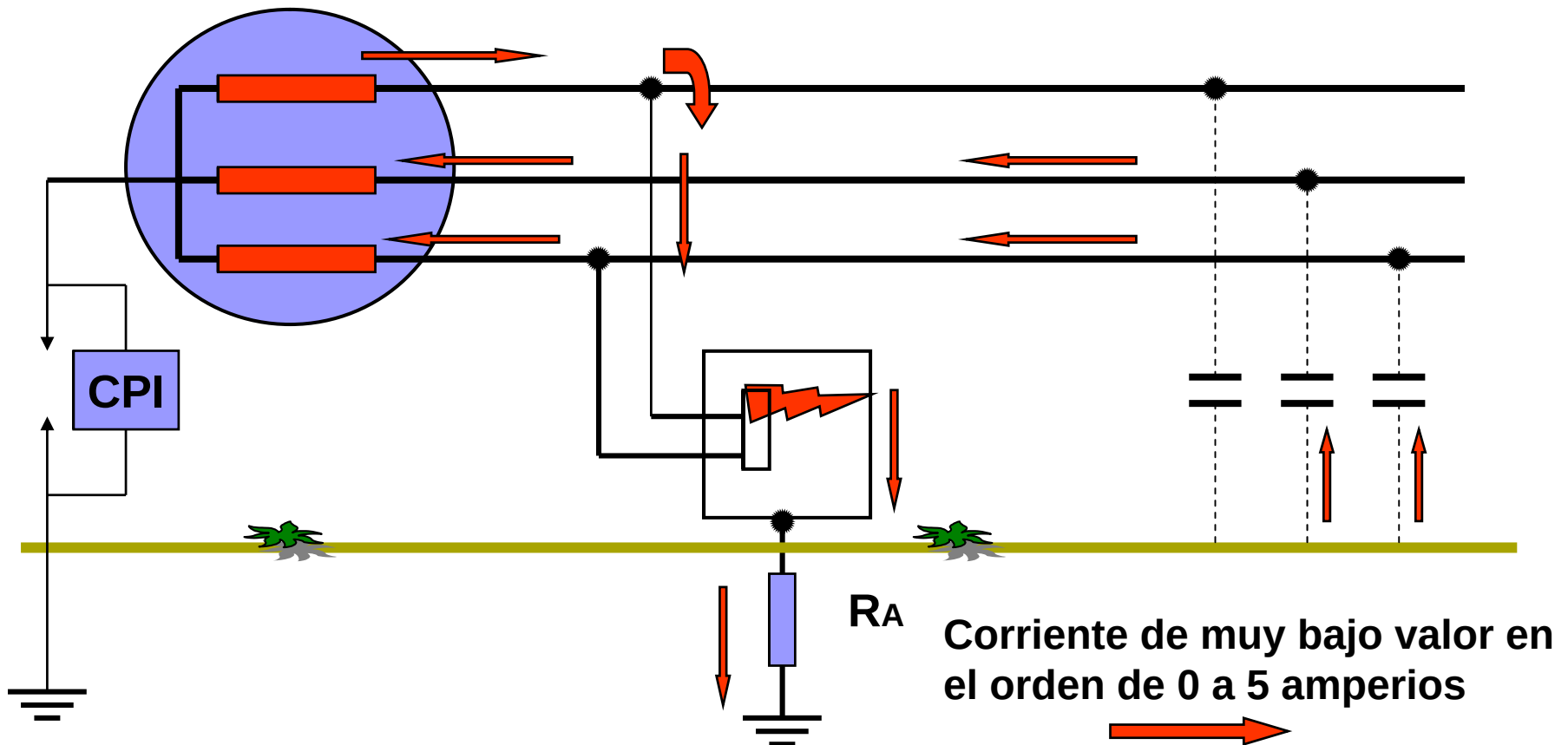


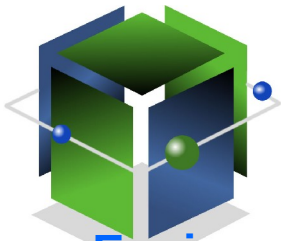
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección

CONTROL PERMANENTE DE AISLAMIENTO PARA FALLAS A TIERRA



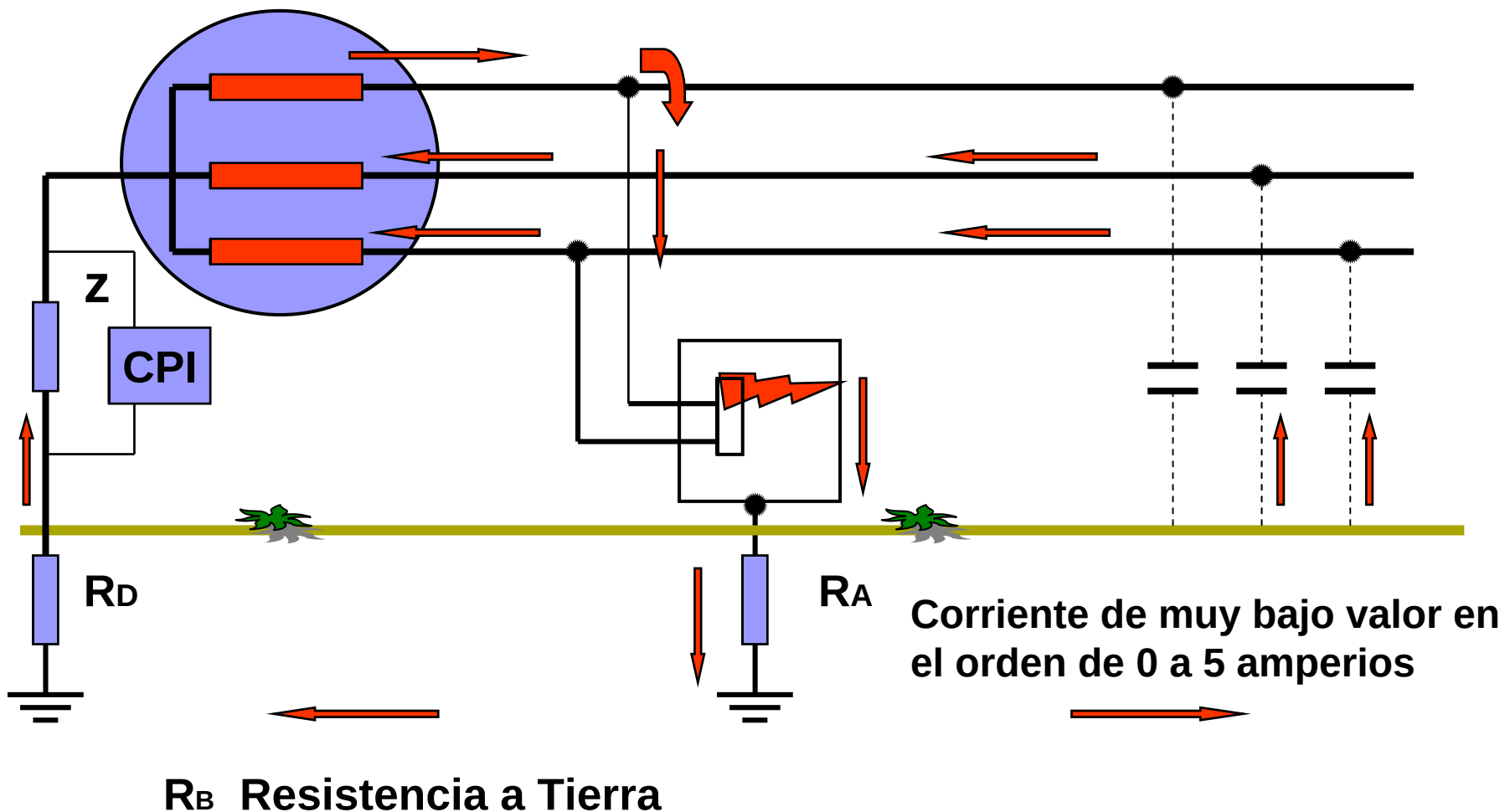


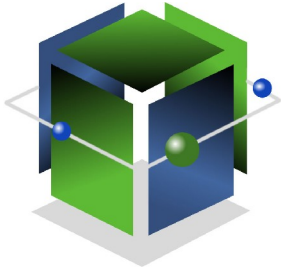
SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

PROTECCION FALLAS A TIERRA

- Equipos de Protección

CONTROL PERMANENTE DE AISLAMIENTO PARA FALLAS A TIERRA





SSLA
SERVICIO SOPORTE LAN
Y ADIESTRAMIENTO
www.ssla.net

RELES MULTIFUNCIÓN

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.