



*Líder nacional  
en tecnología*

## **ESLABÓN FUSIBLE UNIVERSAL PARA MEDIA TENSIÓN**

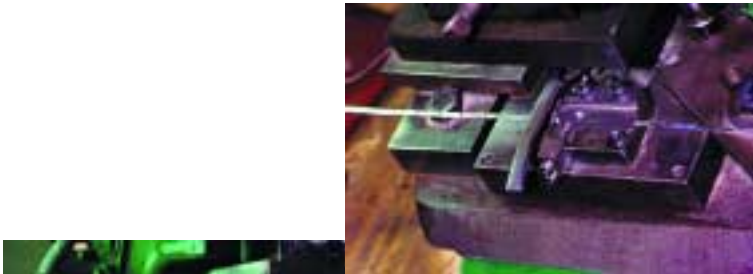


**Manual de  
operación,  
construcción  
y  
aplicación**



Empresa mexicana de reciente creación. Surge como una necesidad a la experiencia acumulada durante más de 30 años, en el diseño y manufactura de fusibles en media tensión, aplicando moderna tecnología matemática semiempírica, la cual es verificada tanto en nuestro laboratorio como en el de alta potencia de Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La marca respalda fusibles que satisfacen los requisitos de las normas: IEC 282-1, IEEEstd. C37.41-2000 y NMX-J-149/1-ANCE-2002.



# ESLABÓN FUSIBLE UNIVERSAL PARA MEDIA TENSIÓN

Manual de operación, construcción y aplicación

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN</b>	<b>3</b>
2.1 Constructivas	3
2.2 De operación	4
2.2.1 Curvas características corriente-tiempo	4
2.2.2 Banda de tolerancia	4
2.2.3 Conducción de la corriente nominal	9
2.2.4 Operación por sobrecarga y corto circuito	9
2.2.5 Operación por descargas atmosféricas	10
2.2.6 Energía desarrollada	10
<b>3. CARACTERÍSTICAS NOMINALES</b>	<b>11</b>
3.1 De los eslabones fusibles	11
3.1.1 Corriente nominal	11
3.1.2 Frecuencia	11
3.2 De los cortacircuitos fusibles	11
3.2.1 Corriente nominal	11
3.2.2 Tensión (voltaje) nominal en kV	11
3.2.3 Capacidad interruptiva	11
3.2.4 Nivel de aislamiento en kV (BIL)	12
3.2.5 Características de la tensión transitoria de restablecimiento	12
<b>4. PRUEBAS DE LABORATORIO</b>	<b>12</b>
4.1. Tensión mecánica	12
4.2 Pruebas de fusión	12
<b>5. APLICACIÓN</b>	<b>13</b>
5.1. Protección de transformadores	13
5.1.1 Aplicación de sobretensiones de impulso debidas a descargas atmosféricas o por maniobra	13
5.1.2 Características de calentamiento de los transformadores	13
5.1.3 Corriente de energización del transformador	13
5.1.4 Curva de daño del transformador	14
5.1.5 Corriente de falla secundaria (análisis de la conexión delta-estrella aterrizada)	14
5.2. Protección de bancos de capacitores	21
5.3. Coordinación	22
5.4. Instalación y reemplazo	24



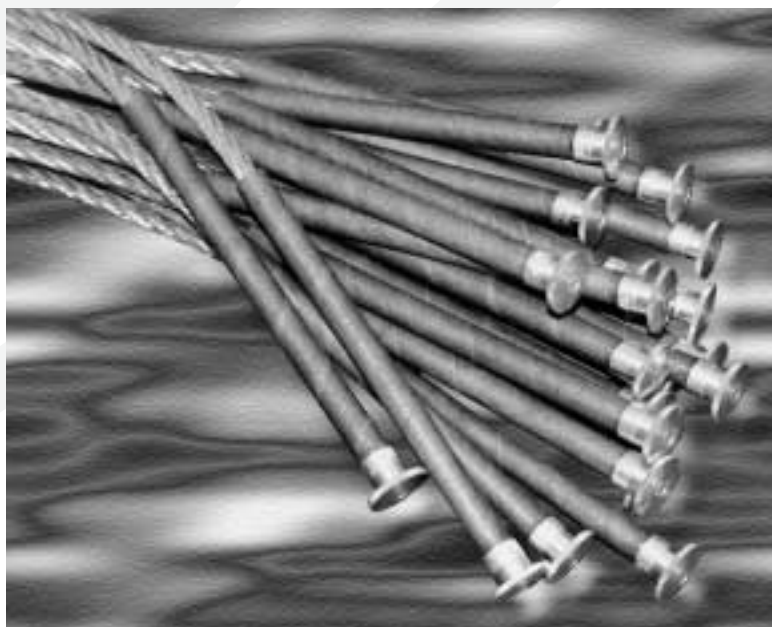


## 1. INTRODUCCIÓN

**CORPORATIVO ARIAN, S.A. DE C.V.** introduce al mercado una familia de Eslabones Fusibles Universales tipo K (rápidos) que se utilizan en cortacircuitos fusibles de distribución para proteger contra sobrecorrientes a: transformadores, bancos de capacitores y líneas aéreas en circuitos de tensiones comprendidas entre 6 y 38 kV.

En su diseño hemos aplicado tecnología matemática semiempírica de punta para optimar resultados y en su manufactura utilizamos los mejores materiales para así asegurar la uniformidad de sus características eléctricas y mecánicas de operación, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Norma Nacional NMX-J-227-1996 - ANCE, IEEE C37.41 - 1994 y ANSI C37.42.

En los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** de baja corriente nominal, el elemento sensible a la corriente se trata térmicamente para evitar cambios notables en su resistencia óhmica debido al efecto Joule acumulado, originado por las corrientes de naturaleza transitoria que comunmente se presentan en los sistemas eléctricos de distribución en media tensión.



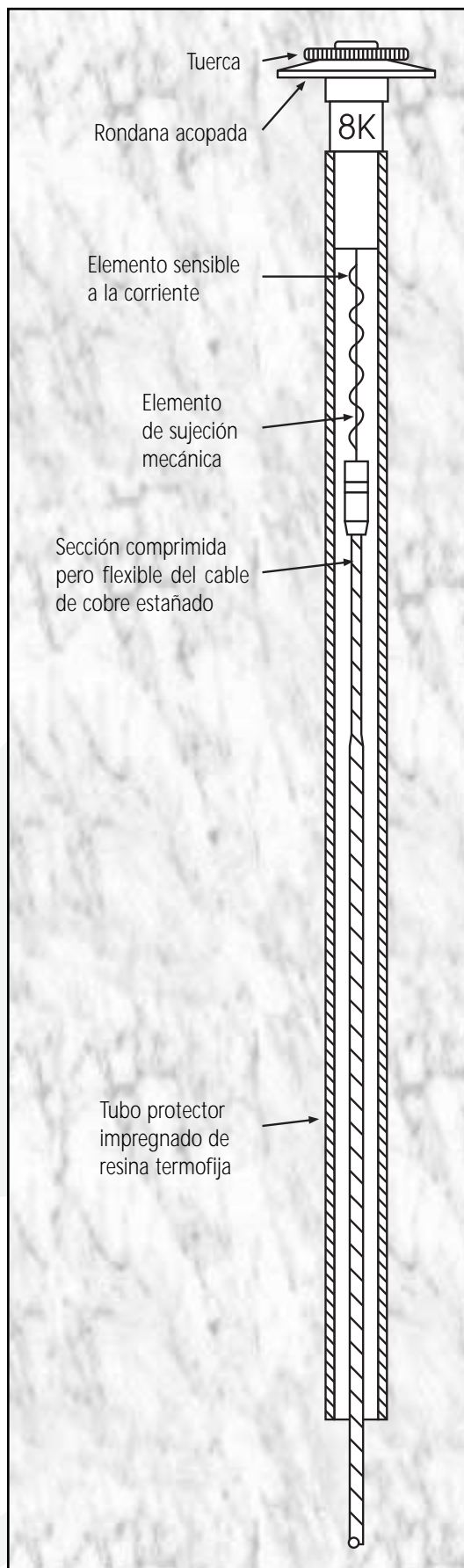


Figura 1

## 2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN

### 2.1 Constructivas

El elemento sensible a la corriente de nuestros eslabones fusibles se fija a los electrodos (botón y sujetacable) por troquelado de precisión para obtener un margen estrecho de tolerancia en la variación de los tiempos de fusión. Véase la figura 1.

Los materiales que utilizamos en la fabricación de los elementos sensibles a la corriente son:

- Alambre de acero inoxidable para los eslabones fusibles de 1 y 2 amperes nominales tipo **K**.
- Alambre de aleación níquel-cromo en los eslabones fusibles de 3, 4, 5, 6 y 7 amperes nominales tipo **K**.
- Alambre de plata sterling para los eslabones fusibles de: 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80 y 100 amperes nominales tipo **K**.
- Alambre de plata eutéctica para los eslabones fusibles de: 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40 y 50 amperes nominales del tipo **T**.

En estos últimos eslabones **K** y **T** se utiliza en paralelo al alambre de plata: sterling o eutéctica, un alambre de aleación níquel-cromo para soportar la tensión mecánica ejercida por el cortacircuitos fusible durante su montaje y operación en estado permanente.

El cable de cobre que seleccionamos es de muy alta calidad y flexibilidad máxima con recubrimiento de estaño para presentar una alta resistencia a la corrosión.

El elemento sensible a la corriente se protege físicamente con un tubo de papel dieléctrico, de geometría y dimensiones óptimas, impregnado de resina termofija que mejora sus propiedades desionizantes para asegurar la rápida extinción de la corriente de arco durante su operación a la tensión de servicio.

## 2.2 De Operación

### 2.2.1 Curvas características corriente-tiempo

- Curvas corriente-tiempo mínimo de fusión.

Estas curvas muestran el tiempo mínimo que tarda en fundir un eslabón fusible para una corriente dada, cualesquiera que sea la tensión (voltaje) del circuito en donde se instala. Véase las figuras 2a y 2b..

- Curvas corriente-tiempo de interrupción total.

Estas curvas muestran: el tiempo mínimo de fusión, más las tolerancias de manufactura, más los tiempos de arqueo. Véase las figuras 3a y 3b.

Tenemos disponibles las curvas corriente-tiempo mínimo de fusión y corriente-tiempo de interrupción total de los eslabones fusibles de 1 a 100 A nominales tipo **K** y de 1 a 50 A nominales del tipo **T**.

### 2.2.2 Banda de tolerancia

La banda de tolerancia definida por las curvas características mínima y máxima de fusión de los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** presentan las características que se indican en la Tabla 1. Nótese la diferencia substancial con las bandas que presentan otros fabricantes y con la indicada en la Norma.

Nosotros garantizamos una tolerancia más estrecha que se traduce en una mejor práctica de coordinación selectiva y un margen preciso de protección a los aparatos que protegen. Véase la Tabla 1.

**TABLA 1.**  
**BANDA DE TOLERANCIA DE LOS ESLABONES FUSIBLES MARCA PROTELEC-MT**

Corriente nominal en amperes	Ancho de la banda de tolerancia en valores de corriente, medida hacia la derecha de la curva de fusión mínima		
	PROTELEC-MT	Otras marcas	Norma Nacional
1K, 2K, 3K, 4K, 5K, 6K y 7K	15% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	20% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	Para todas las corrientes nominales: 20 % en las zonas de tiempo de 0.1s y 300s. 50% en la zona de tiempo de 10s
8K, 10K, 12K, 15K, 20K, 25K, 30K, 40K, 50K, 65K, 80K, y 100K	10% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	20% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	
6T, 8T, 10T, 12T, 15T, 20T, 25T, 30T, 40T y 50T	10% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	20% en las tres zonas de tiempo: 0.1s, 10s y 300s.	Para todas las corrientes nominales: 20 % en las zonas de tiempo de 0.1s y 300s. 50% en la zona de tiempo de 10s.



## CURVAS CORRIENTE - TIEMPO MÍNIMO DE FUSIÓN

Eslabones fusible universal Tipo **K** (rápido) marca **PROTELEC-MT**

Curvas obtenidas con pruebas a 220 volts C.A., alto factor de potencia,  
sin sobrecarga previa;  $T_{amb.} = 25^{\circ}C$

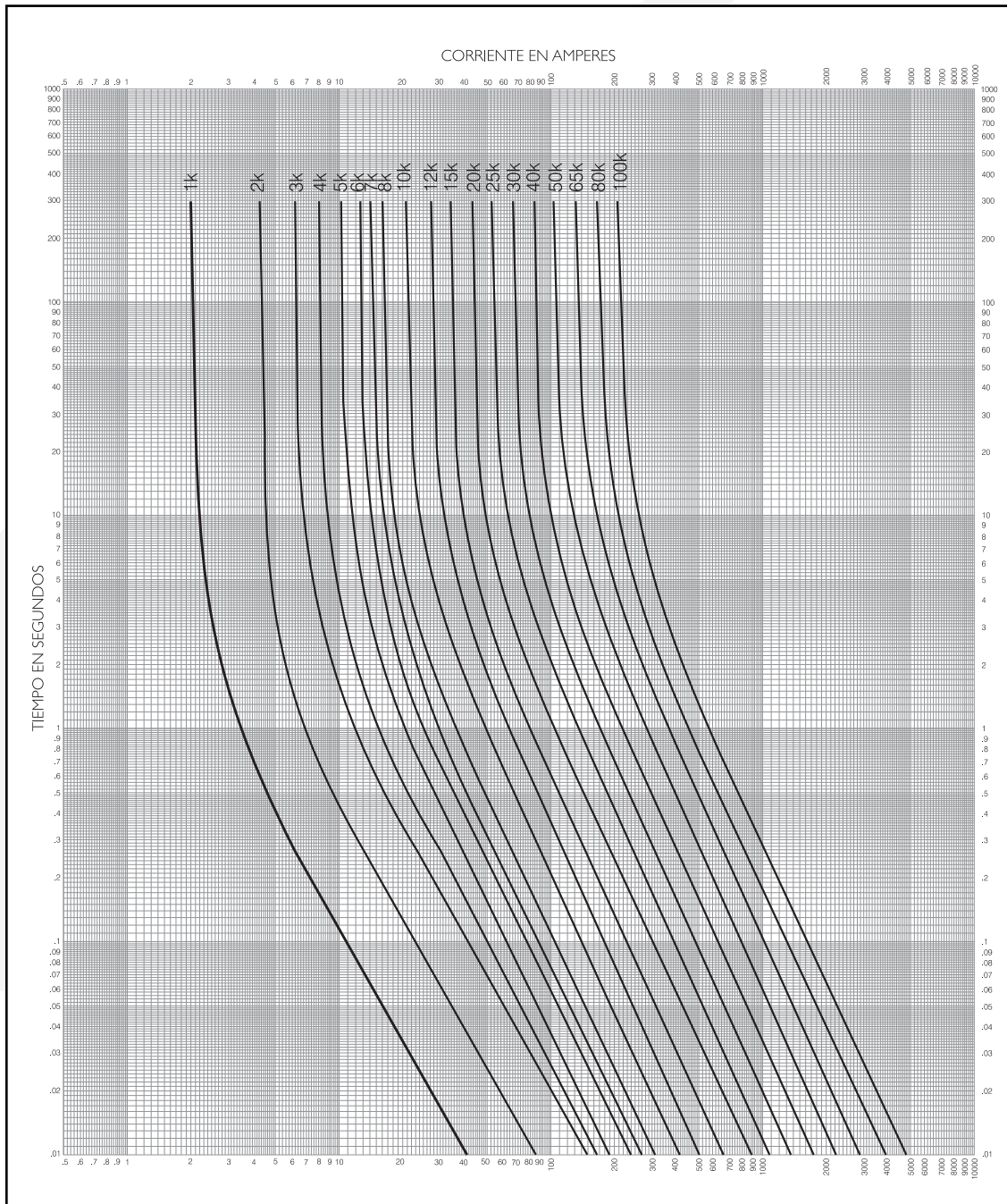


Figura 2a

Estas curvas se trazaron para valores mínimos, por lo que todas las variaciones son en más. Las Tolerancias son:

Eslabones de 1 a 7A : 15%	} en valores de corriente
Eslabones de 8 a 100 A : 10%	

### Normas aplicables:

NMX - J - 227 - 1996 - A N C E, IEEE C37.42 - 1994 y ANSI C37.42

## CURVAS CORRIENTE - TIEMPO MÍNIMO DE FUSIÓN

Eslabones fusible universal Tipo **T** (lento) marca **PROTELEC-MT**

Curvas obtenidas con pruebas a 220 volts C.A., alto factor de potencia,  
sin sobrecarga previa; **T** amb. = 25°C

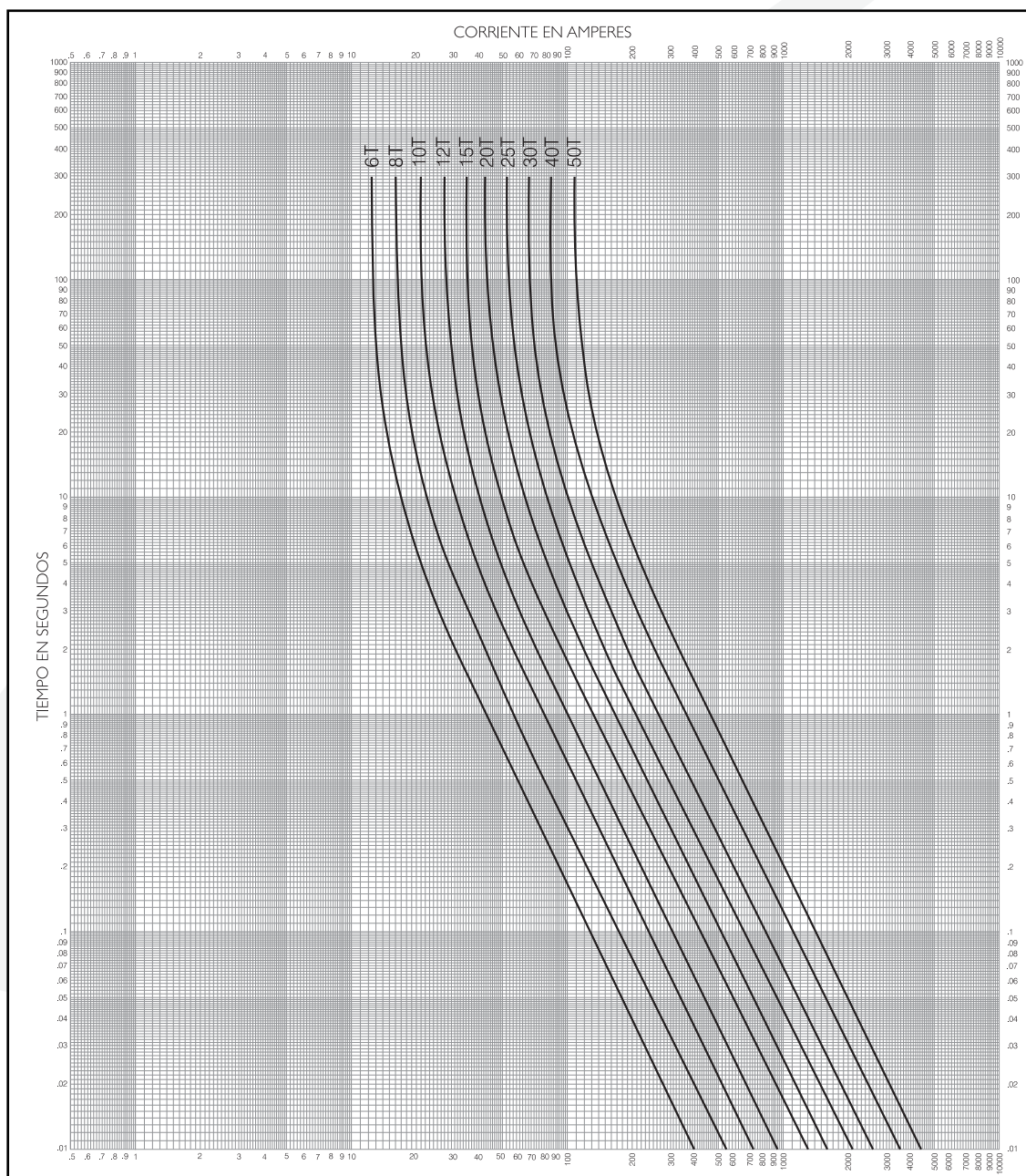


Figura 2b

Curvas trazadas para valores mínimos. Todas las variaciones son en más. Tolerancia: 10% en valores corriente

Normas aplicables: NMX - J - 227 - 1996 - A N C E, IEEE C37.41 - 1994 y ANSI C37.42



## CURVAS CORRIENTE - TIEMPO DE INTERRUPCIÓN TOTAL

Eslabones fusible universal Tipo **K** (rápido) marca **PROTELEC-MT**

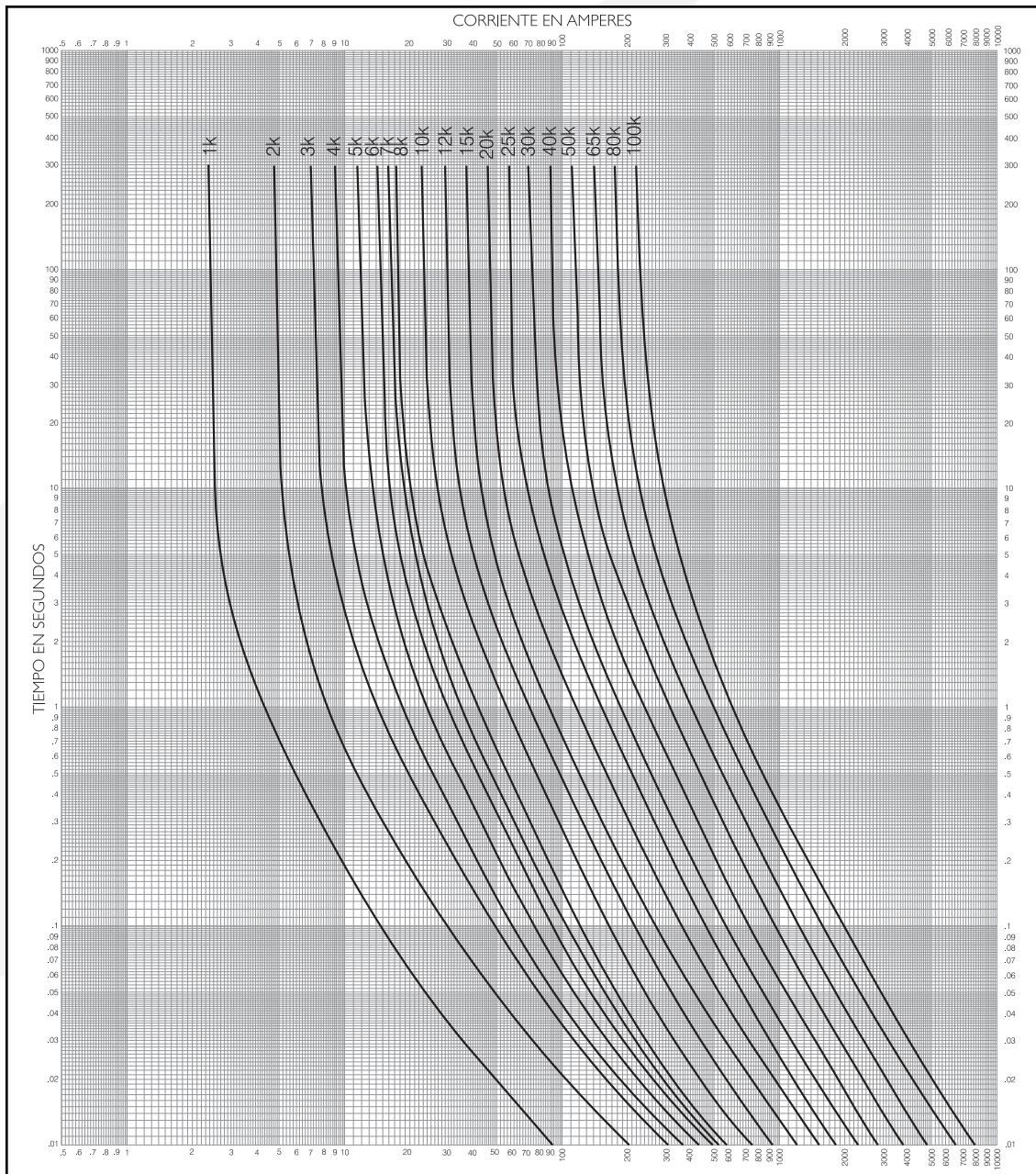


Figura 3a

Estas curvas se trazaron para puntos de prueba máximos, por lo que todas las variaciones son en menos.

Normas aplicables: ANSI C 37.42 - 1948

NMX - J - 227 - 1996 - A N C E, IEEE C37.42 - 1994 y ANSI C37.42

## CURVAS CORRIENTE - TIEMPO DE INTERRUPCIÓN TOTAL

Eslabones fusible universal Tipo T (lento) marca **PROTELEC-MT**

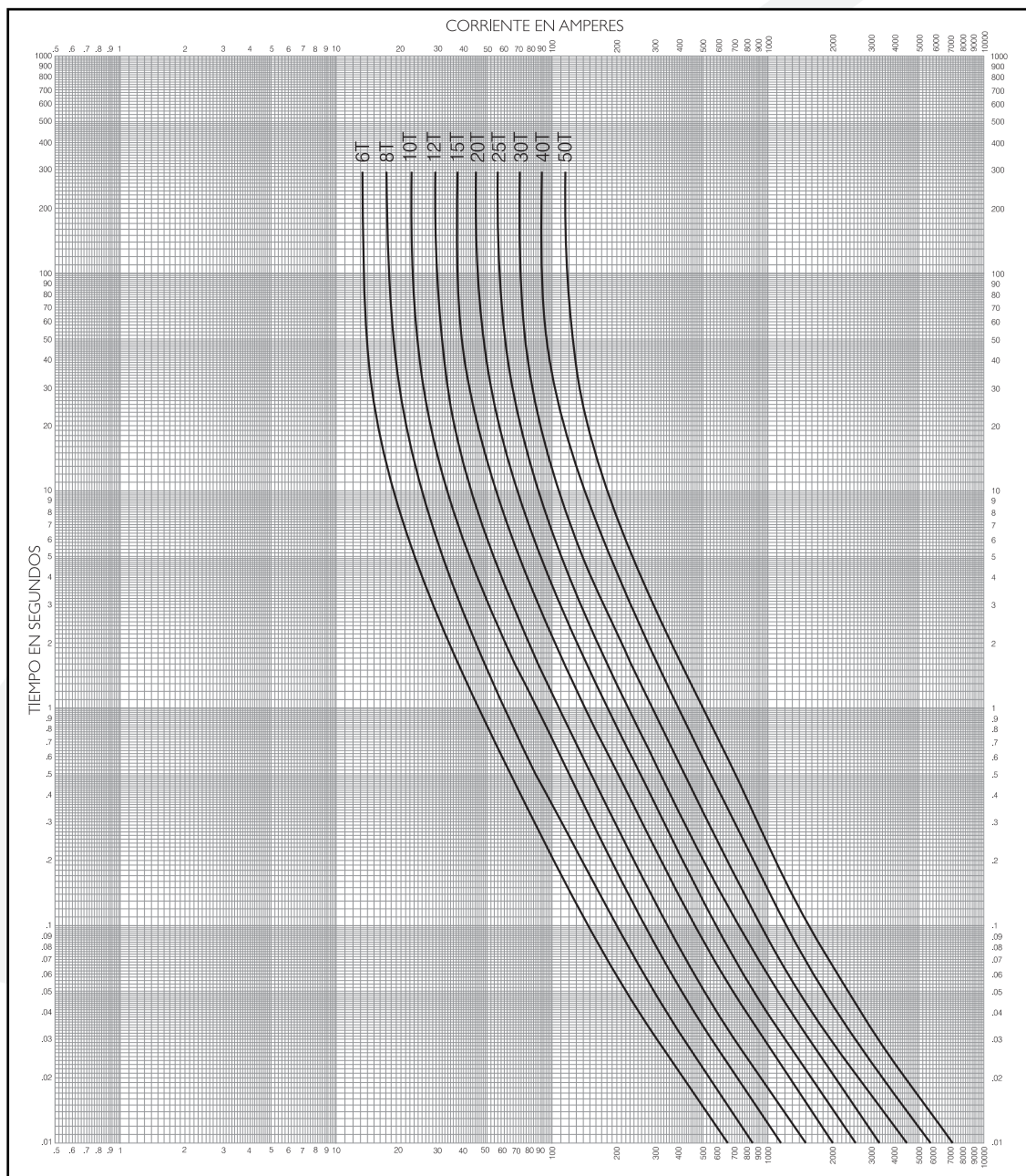


Figura 3b

Estas curvas se trazaron para puntos de prueba máximos, por lo que todas las variaciones son en menos.

Normas aplicables: ANSI C 37.42 - 1989

NMX - J - 227 - 1996 - A N C E, IEEE C 37.41 - 1994 y ANSI C37.42



### 2.2.3 Conducción de la corriente nominal

Bajo esta condición, nuestros eslabones fusibles pueden conducir indefinidamente dicha corriente sin que sufran deterioro alguno (envejecimiento) y sin que las pérdidas en watts (calentamiento) rebasen una magnitud mínima preestablecida.

### 2.2.4 Operación por sobrecarga y corto circuito

La diferencia básica que se tiene entre la operación de un fusible a la tensión (voltaje) de servicio, por sobrecarga o por corto circuito, es la cantidad de energía que se genera en ese momento.

Durante la operación por sobrecarga, la cantidad de energía que se desarrolla, es pequeña y el trabajo básico de interrupción la realiza el tubo protector del eslabón fusible. En este caso, se consideran corrientes hasta de aproximadamente 500 amperes.

Durante la operación por corto circuito (mediana y baja impedancia de falla) la energía que se genera es alta o muy alta. El trabajo básico de interrupción, lo realiza el tubo portafusible, característica que implica la destrucción total o parcial (necesaria) del tubo protector del eslabón fusible.

Así entonces, la capacidad de estos equipos para interrumpir corrientes de falla se denomina: capacidad interruptiva, que se define en términos de: los amperes simétricos **rcm** de interrupción y la tensión de restablecimiento en sus componentes de estado estable y transitorio.

En las figuras 4 y 5 se presentan oscilogramas reales de la operación de un cortacircuitos fusible con eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT**, aplicando corrientes de sobrecarga y cortocircuito.

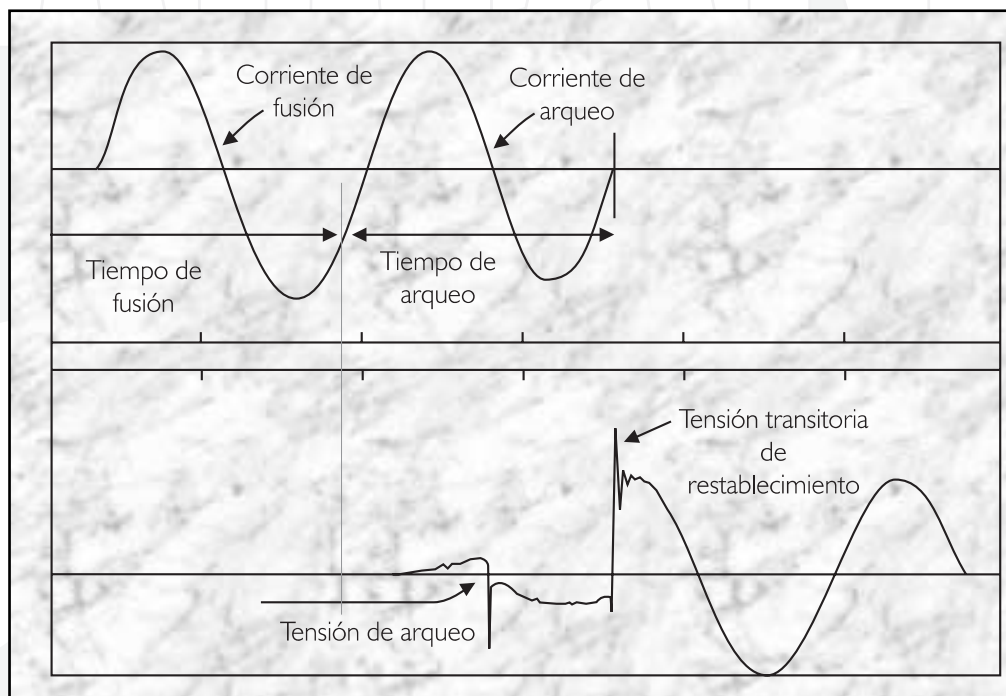


Figura 4. Interrupción de una corriente de falla de alta magnitud (corto circuito)

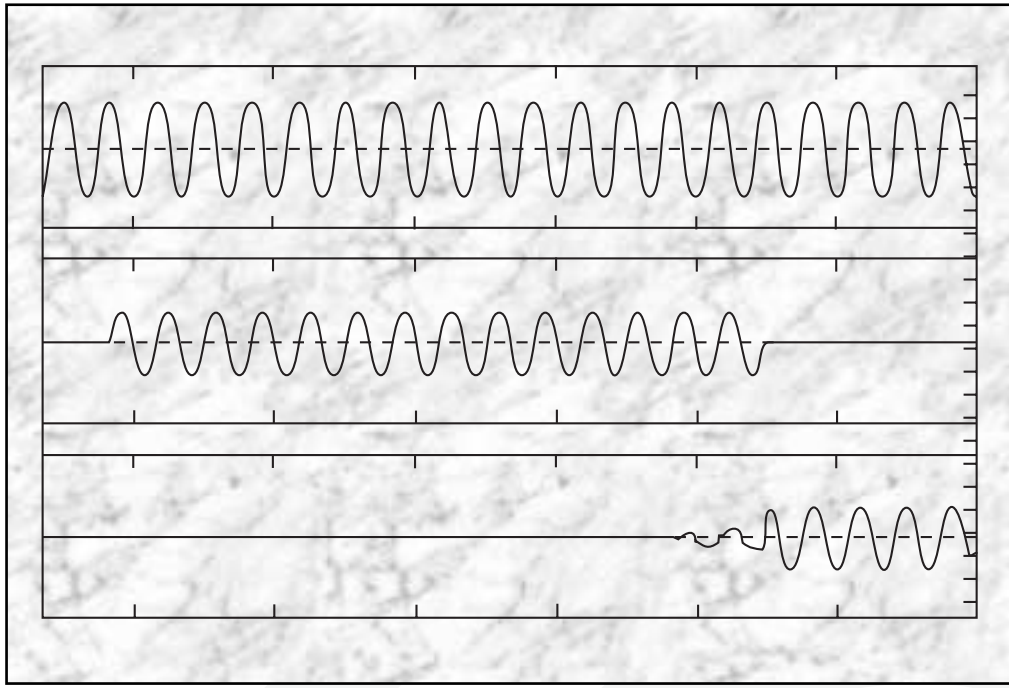


Figura 5. Interrupción de una corriente de falla de baja magnitud (sobrecarga).

### 2.2.5 Operación por descargas atmosféricas

Durante la época de lluvias, cuando se presentan con relativa frecuencia descargas atmosféricas sobre las redes aéreas de distribución, el núcleo de los transformadores puede alcanzar su nivel de saturación. La consecuencia de este cambio se traduce en: la reducción drástica de su impedancia de estado estable y por tanto la circulación por el devanado primario de una sobrecorriente de 60 Hertz que puede o no hacer operar los fusibles.

Si éstos no operan, al menos sufren fusión parcial o envejecimiento prematuro y en este caso sus curvas corriente-tiempo de fusión se desplazan hacia la izquierda de su posición original.

### 2.2.6 Energía desarrollada

La energía que se desarrolla durante la operación del conjunto eslabón fusible-cortacircuito fusible, está en función del incremento de temperatura y la presión generada en su interior. En el periodo de arqueo se tiene:

$$\text{Energía} = \int_{t_1}^{t_2} u_a i_a \text{ watts - seg}$$

$u$  = Tensión (voltaje) de arqueo

$i$  = Corriente de arqueo

$t_1$  = Instante en que termina la fusión o prearqueo.

$t_2$  = Instante en que ocurre la extinción del arco.



Inmediatamente después de que ocurre la fusión (o prearqueo) del elemento sensible a la corriente, aparece el arco con temperatura en su núcleo igual o mayor a 12,000 K, el cual al estar en contacto con el tubo protector o el tubo portafusible, según sea el caso, forma una capa envolvente de vapor a una temperatura del orden de 3000 K así, el arco es enfriado por convección, siendo el flujo refrigerante generado por la vaporización a presión elevada de las paredes del material aislante, inducida por el arco mismo. La expulsión del cable de cobre estañado contribuye a la extinción del arco.

### 3. CARACTERÍSTICAS NOMINALES

#### 3.1 De los Eslabones Fusibles

##### 3.1.1 Corriente nominal

Los eslabones marca **PROTELEC-MT**, del tipo **K** (rápido), tienen velocidades de fusión de 5.5 a 7.6 y las corrientes nominales de los que fabricamos son:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80 y 100 A.

Las corrientes nominales preferentes de acuerdo a la norma nacional NMX-J-227-1996 son:

6, 10, 15, 25, 40, 65 y 100 A.

Las corrientes nominales no preferentes de acuerdo a la norma nacional NMX-J-227-1996 son:

8, 12, 20, 30, 50 y 80 A.

Fuera de esa clasificación, se tienen las corrientes de:

1, 2, 3, 4, 5 y 7 A.

Los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** del tipo **T** (lento) tienen velocidades de fusión comprendidas en 10 y 13 y sus corrientes nominales son las siguientes:

6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40 y 50 A

##### 3.1.2 Frecuencia

Nuestros eslabones, se pueden aplicar en sistemas de 50 a 60 Hertz.

#### 3.2 De los Cortacircuitos Fusibles

##### 3.2.1 Corriente nominal

Se tienen las siguientes: 50, 100 y 200 A.

##### 3.2.2 Tensión (voltaje) nominal en kV.

En sistemas polifásicos con neutro sólidamente aterrizado la tensión nominal del cortacircuito se define en función de la tensión de fase a neutro.

En sistemas no aterrizados, la tensión nominal del cortacircuito se define en función de: la tensión entre fases.

##### 3.2.3 Capacidad interruptiva

Es la corriente simétrica **rcm** máxima que el cortacircuito puede interrumpir; a un voltaje dado, bajo condiciones prescritas de aplicación.



### 3.2.4 Nivel de aislamiento en kV (BIL)

Cuando se relaciona la tensión nominal del cortacircuito con base en el criterio delineado previamente, el nivel de aislamiento (BIL) es adecuado para coordinar con otros componentes del sistema.

Por ejemplo, un cortacircuito con tensión nominal doble: 14.4/24.9 kV está diseñado realmente para 14.4 kV con niveles de aislamiento comprendido entre 95 y 125 kV, que lo hacen aplicable en sistemas monofásicos de 13.8 y 24.9 kV.

### 3.2.5 Características de la tensión transitoria de restablecimiento:

Esta es definida por su factor de amplitud y frecuencia.

## 4. PRUEBAS DE LABORATORIO

Para verificar el correcto funcionamiento de los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT**, además de llevar a efecto su inspección rigurosa a lo largo de su proceso de manufactura, realizamos las siguientes pruebas:

### 4.1 Tensión Mecánica

Esta prueba se aplica a todos los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT**, para asegurar que durante su instalación en cualquier cortacircuito fusible no se rompa o se jale el elemento sensible a la corriente, siempre y cuando la fuerza aplicada no sea mayor de 78 N, la Norma especifica una fuerza de 59 N.

### 4.2 Pruebas de fusión

En cada partida que se recibe del material que utilizamos, para la fabricación del elemento sensible a la corriente, efectuamos pruebas de fusión en nuestro laboratorio para verificar que los puntos (corriente-tiempo) queden dentro de la banda de tolerancia que especificamos. Véase la sección 2.2.2

En las figuras 6a y 6b se muestran los oscilogramas de prueba de eslabones fusibles de 1 y 10 Amperes nominales. Estas corresponden a la zona de 0.1 seg.

Obsérvese cómo se mantiene constante la amplitud de la corriente aplicada

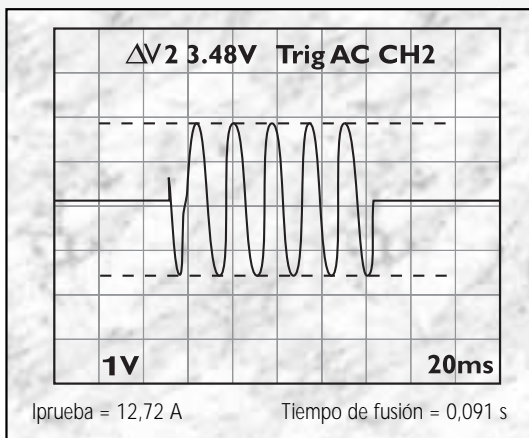


Figura 6a. Prueba de fusión realizada a un eslabón fusible universal Tipo **K** de  $I_n = 1$  A, marca **ARIAN** en la zona de 0.1 s.

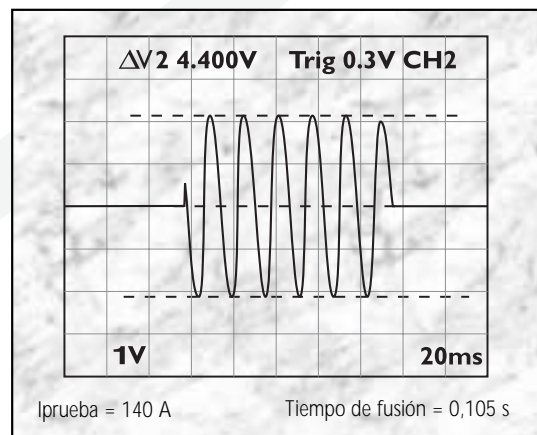


Figura 6b. Prueba de fusión realizada a un eslabón fusible universal Tipo **K** de  $I_n = 10$  A, marca **ARIAN** en la Zona de 0.1 s.



## 5. APLICACIÓN

### 5.1 Protección de Transformadores

La correcta aplicación de fusibles de media tensión para la protección de transformadores de distribución contra sobrecorrientes, requiere del conocimiento de las características de operación tanto de la red como de los equipos a ella conectados. En el caso de los transformadores de distribución, se tiene:

#### 5.1.1 Aplicación de sobretensiones de impulso debidas a descargas atmosféricas o por maniobra

Estas sobretensiones traen asociadas corrientes de impulso que pueden ser de corta o larga duración. Las primeras pueden provocar fallas de cortocircuito a tierra por flameo de aisladores.

Con las segundas el núcleo del transformador puede alcanzar el nivel de saturación y así reducir drásticamente su impedancia. En esa condición el sistema puede drenar una corriente anormal que puede causar la operación del fusible o al menos envejecerlo.

#### 5.1.2 Características de calentamiento de los transformadores

El daño en los aislamientos de un transformador por la acción de las corrientes de sobrecarga, es causado por la alta temperatura del punto caliente.

Así entonces, la protección contra sobrecargas se debe conceptuar comparando la constante de tiempo térmica del transformador con la constante de tiempo térmica del fusible.

En un transformador de distribución aérea su constante de tiempo térmica varía de 3 a 6 horas, mientras que en un eslabón fusible de 100 A o menos, su constante de tiempo térmica es semejante a la del punto caliente del transformador y varía de 2 a 8 minutos.

Entonces cuando un transformador está sometido a la acción de sobrecargas de larga duración y de variación no súbita, **NO PUEDE SER PROTEGIDO POR UN FUSIBLE.**

En contraste, para sobrecargas de corta duración y variación súbita al ser semejantes las constantes de tiempo térmica del punto caliente y la del fusible, **SÍ SE PUEDE OBTENER UNA PROTECCIÓN ADECUADA.**

#### 5.1.3 Corriente de energización del transformador

Cuando se energiza un transformador se presenta una corriente transitoria cuya magnitud y duración está determinada por el flujo residual en su núcleo y por el punto de la onda de tensión correspondiente al momento del cierre del circuito.

Combinando el efecto de esta corriente de energización con la corriente de reenergización con carga que se presenta después de una interrupción momentánea, se pueden formar las siguientes relaciones:

Múltiplos de $I_n$	Tiempo de duración (segundos)	
25	0.01	energización
12	0.10	inicial
6	2.00	reenergización
3	10.00	con carga

Estos puntos, establecen los límites inferiores de la curva corriente-tiempo de fusión, para que un fusible no sea dañado por esas corrientes de energización.

#### 5.1.4 Curva de daño del transformador

En la figura 7 se muestra la curva de carga por tiempo corto en términos de la corriente aplicada y el tiempo co-respondiente para transformadores monofásicos y trifásicos de hasta 500 kVA considerando la protección con riesgo de bajo nivel (Norma ANSI C57-109).

La parte continua de la curva representa una duración límite de la falla, más allá de la cual se puede presentar el daño térmico en los aislamientos vecinos al devanado. La parte de la curva con trazo discontinuo representa el límite de duración de la falla, más allá de la cual se puede presentar el daño mecánico.

La duración de la corriente de falla por corto circuito en un sistema a 60 Hertz se calcula con la siguiente fórmula:

$$I^2 t = 1250$$

en donde:

$t$  = duración de la falla en ciclos.

$I$  = corriente de corto circuito simétrica en número de veces la corriente normal base. La duración máxima de esta corriente es de 2 segundos (sección 10, Norma ANSI C57.12.00).

En la figura 8 se muestran las curvas de sobrecarga por tiempo corto de un transformador con diferentes co-nexiones en sus devanados.

#### 5.1.5 Corrientes de falla secundaria (análisis de la conexión delta-estrella aterrizada)

La conexión en los devanados de un transformador, además de afectar la relación entre las corrientes de línea primaria y secundaria, afecta también la relación entre la corriente en los devanados y la corriente de línea correspondiente.

En un transformador con conexión delta-estrella aterrizada, las relaciones entre las corrientes de línea primaria y secundaria, se indican en la figura 9.



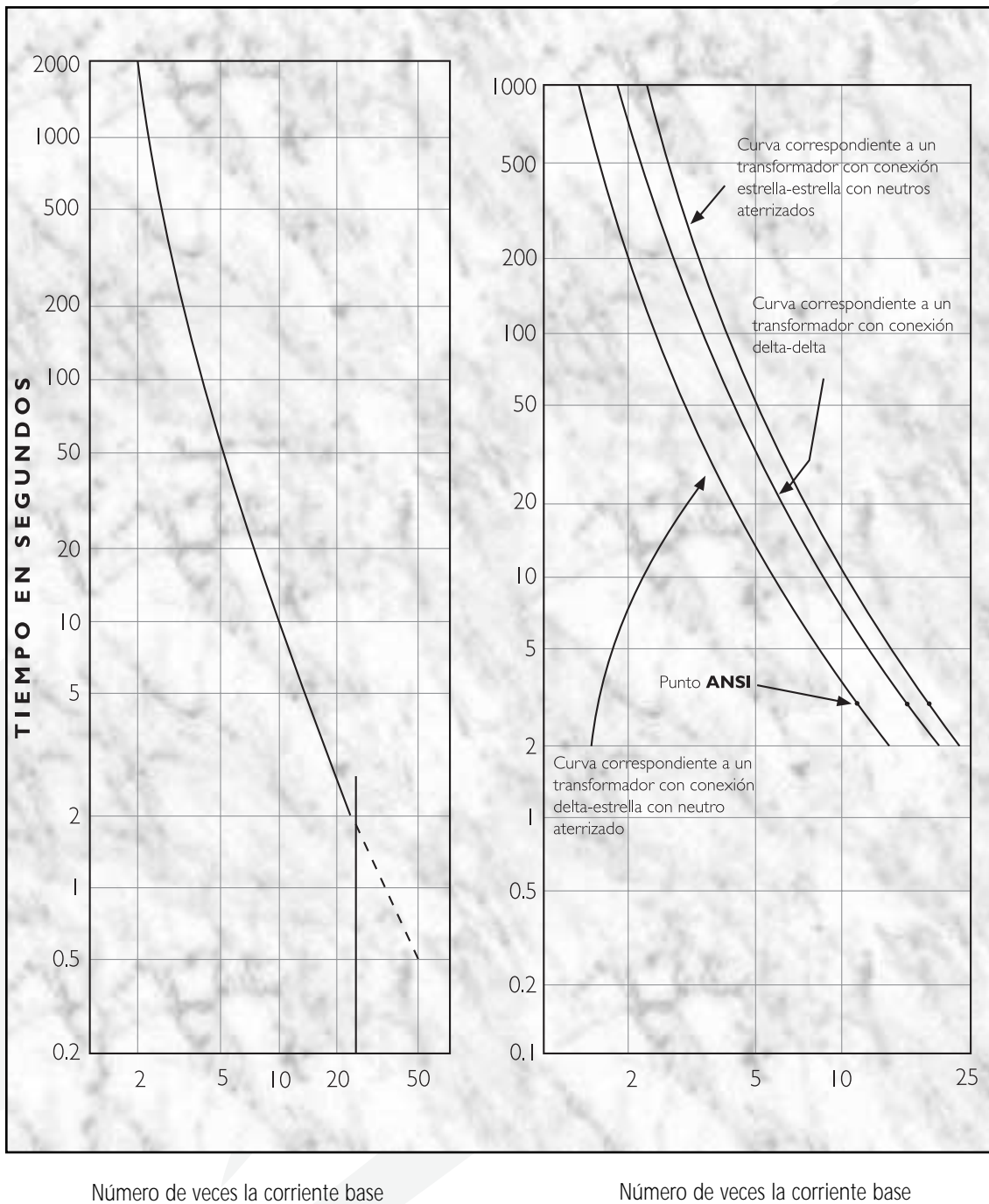


Figura 7.  
Curva de carga por tiempo corto para  
Transformadores hasta de 500 kVA

Figura 8.  
Curva de sobrecarga por tiempo  
corto de un transformador con las conexiones:  
primario-secundario indicadas.

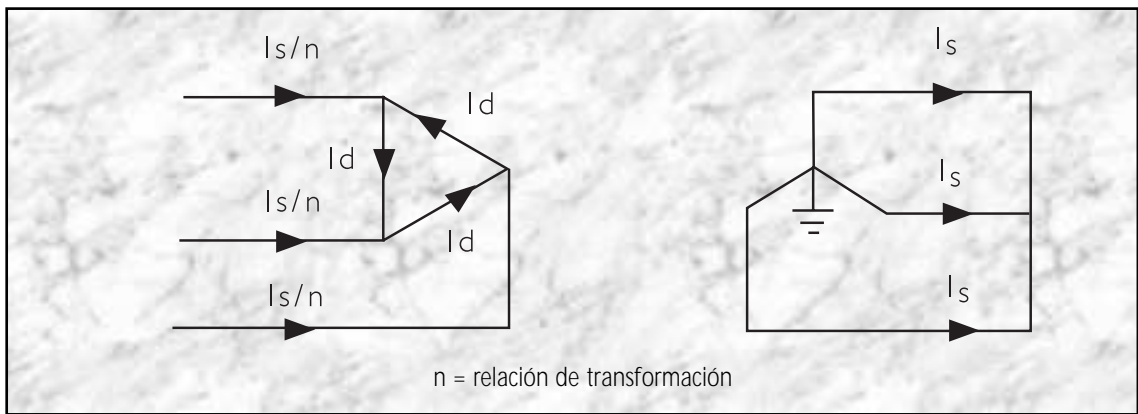


Figura 9a. Falla trifásica

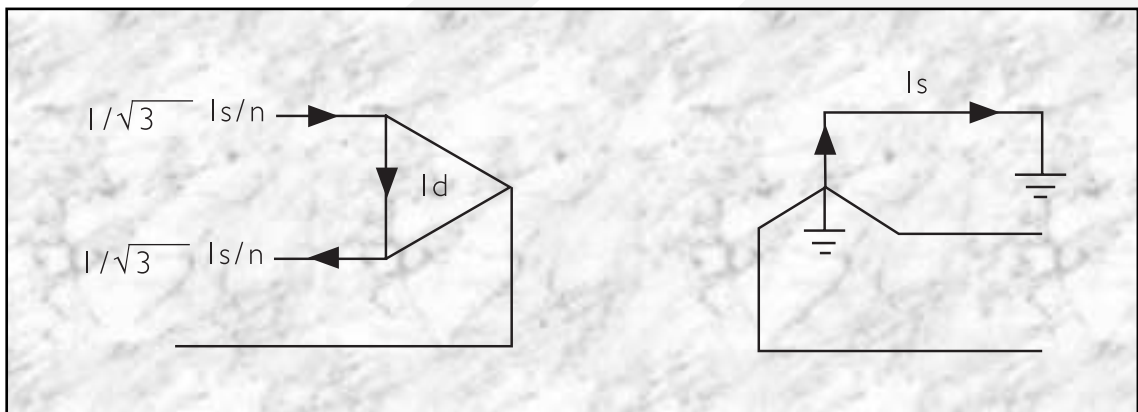


Figura 9b. Falla monofásica

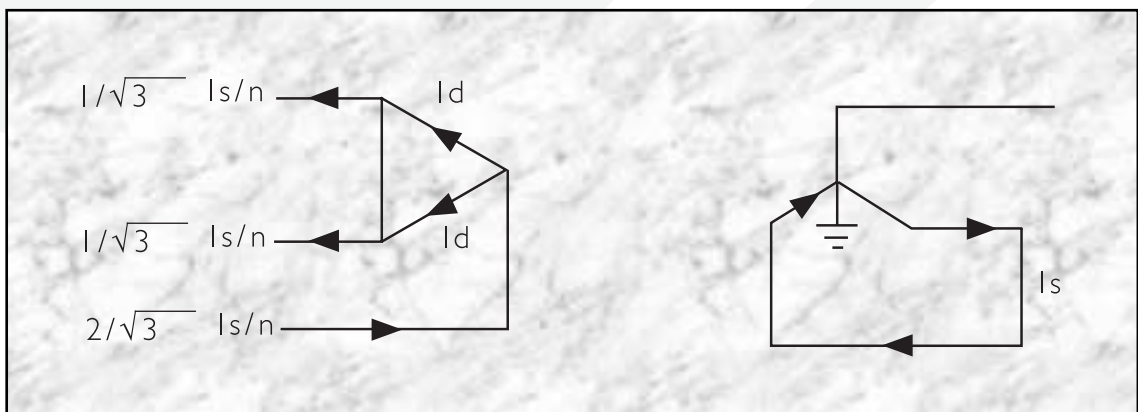


Figura 9c. Falla bifásica

Relación entre la corriente de línea primaria y la corriente en los devanados de la delta.

Tipo de falla en el secundario	corriente de línea		corriente en los devanados
TRIFASICA	$[ I_{s/n} ]$	$\div$	$[ I_{s/n} \sqrt{3} ] = \sqrt{3}$
MONOFASICA	$[ I_{s/n} \sqrt{3} ]$	$\div$	$[ I_{s/n} \sqrt{3} ] = 1$
ENTRE FASES	$[ 2I_{s/n} \sqrt{3} ]$	$\div$	$[ I_{s/n} \sqrt{3} ] = 2$

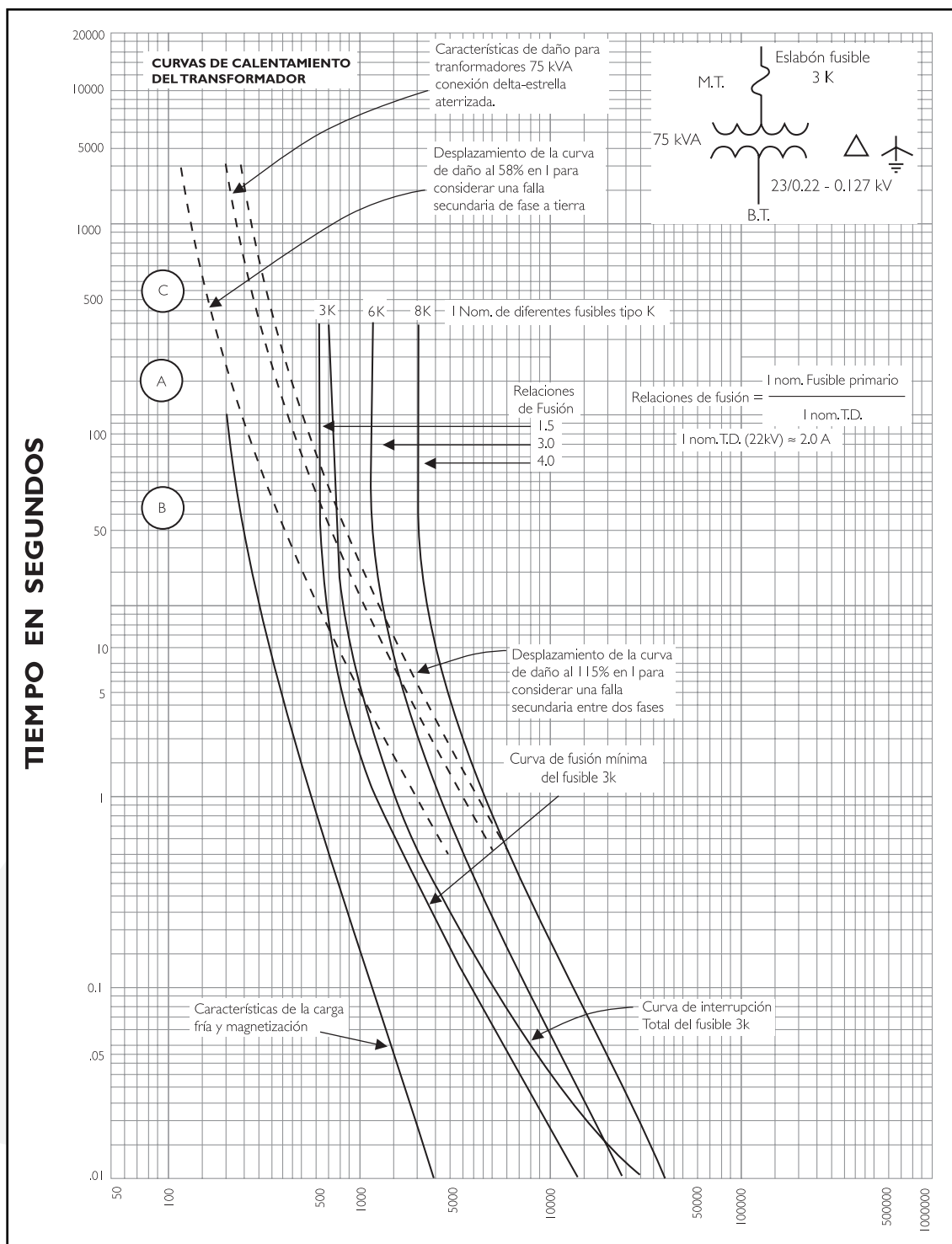
En las relaciones anteriores se observa:

- Para cualquier tipo de falla la corriente en el devanado es de la misma magnitud  $= [ I_{s/n} \sqrt{3} ]$ .
- En la falla monofásica la corriente de línea es igual al 57.7 % de la corriente de línea correspondiente a la falla trifásica.
- Entonces, si los fusibles se seleccionan, considerando la falla secundaria trifásica, para eliminar una falla secundaria monofásica, el fusible correspondiente, **REQUIERE DE UN TIEMPO MAYOR**.
- En el caso de la falla entre fases en el secundario, la corriente primaria de línea en una fase es igual al 115% de la corriente de línea en el caso de la falla trifásica.
- En esta situación, el fusible seleccionado con el criterio antes indicado, opera **CON UN TIEMPO MENOR** comparado éste con el requerido para eliminar la falla trifásica.
- Se tiene entonces que la falla entre fases es la que se debe considerar para coordinar selectivamente a los dispositivos de protección primarios y secundarios.

En la fig. 10 se presenta el caso de la protección de un transformador de 75 kVA a 23 kV, contra sobrecorrientes.

En las tablas 2, 3 y 4 se indica la corriente nominal de los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** que se recomiendan para proteger transformadores cuando se busca obtener un grado máximo de protección del transformador contra daños mecánicos y esfuerzos de origen térmico provocados por fallas secundarias.





% de la corriente nominal a plena carga de un transformador de distribución de 75 kVA, 23 kV

Figura 10. Protección de un transformador trifásico de 75 kVA, 23 kV

**TABLA 2**  
**PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS**

kVA DEL TRANSFORMADOR ↓	TENSIÓN PRIMARIA EN KILOVOLTS								
	13.2			23			33		
	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf
15	0.66	1 K	1.52	0.38	--	--	0.26	--	--
30	1.31	2 K	1.53	0.75	1K	1.33	0.52	1K	1.92
45	1.97	3 K	1.52	1.13	2K	1.97	0.79	2K	2.53
75	3.28	5 K	1.52	1.88	3K	1.59	1.31	3K	2.29
112.5	4.92	8 K	1.62	2.82	5K	1.77	1.97	5K	2.53
150	6.56	10 K	1.52	3.77	6K	1.77	2.62	6K	2.29

**TABLA 3**  
**PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE UNA BOQUILLA**

kVA DEL TRANSFORMADOR ↓	TENSIÓN PRIMARIA EN KILOVOLTS								
	13.2 / 7.6			22.86 / 13.2			33/19.05		
	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf
5	0.66	1 K	1.52	0.38	--	--	0.26	--	--
10	1.31	2K	1.53	0.76	1K	1.31	0.52	1K	1.92
15	1.97	3K	1.52	1.14	2K	1.75	0.79	2K	2.53
25	3.28	5K	1.52	1.89	3K	1.59	1.31	3K	2.29
37.5	4.92	8K	1.62	2.84	5K	1.76	1.97	5K	2.54
50	6.56	10K	1.52	.79	6K	1.58	2.62	6K	2.29
75	9.84	12K	1.22	5.68	8K	1.41	3.94	8K	2.03

Notas:

In = Corriente nominal del transformador

If = Corriente nominal del fusible tipo **K**

fr = Relación de Fusión

$$fr = \frac{If}{In}$$

**TABLA 4**  
**PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DOS BOQUILLAS**

kVA DEL TRANSFORMADOR ↓	TENSIÓN PRIMARIA EN KILOVOLTS								
	13.2			23			33		
	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf
5	0.38	--	--	0.22	--	--	0.25	--	--
10	0.76	1K	1.31	0.43	1K	2.32	0.30	--	--
15	1.14	2K	1.75	0.65	1K	1.54	0.45	1K	2.22
25	1.89	3K	1.59	1.09	2K	1.83	0.76	1K	1.31
37.5	2.84	5K	1.76	1.63	3K	1.84	1.14	2K	1.75
50	3.79	6K	1.58	2.17	5K	2.30	1.52	3K	1.97
75	5.68	8K	1.41	3.26	6K	1.84	2.27	5K	2.20


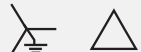

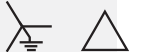
**TABLA 5**  
**PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS**

kVA DEL TRANSFORMADOR ↓	TENSIÓN PRIMARIA EN KILOVOLTS								
	13.2			23			33		
	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf	In (A)	If (A)	rf
15	0.66	2K	3.03	0.38	1K	2.63	0.26	--	--
30	1.31	3K	2.29	0.75	2K	2.67	0.52	2K	3.84
45	1.97	5K	2.54	1.13	3K	2.65	0.79	3K	3.80
75	3.28	6K	1.83	1.88	5K	2.66	1.31	5K	3.81
112.5	4.92	10K	2.03	2.82	6K	2.13	1.97	6K	3.05
150	6.56	12K	1.83	3.77	8K	2.12	2.62	8K	3.05

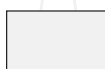
En la tabla 5 se indica la corriente nominal de los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** que se recomiendan para proteger transformadores trifásicos si se considera ÚNICAMENTE protección contra corrientes de corto circuito de mediana y baja impedancia.



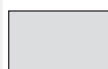
TABLA 6

kVAR	13.8 kV					23 kV				
	In (A)	150 kVAR		150 kVAR		In (A)	150 kVAR		150 kVAR	
										
		K	T	K	T		K	T	K	T
300	12.6	15	15	20	15	7.5	8	8	10	8
450	18.8	20	20	25	20	11.3	12	12	15	12
900	37.7	40	40	50	40	22.6	25	25	30	25
1350	56.6	65	65	65	65	33.9	40	40	40	40
1800	75.3	80	80	100	80	45.2	50	50	50	50
2250	94.1	100	100	100	100	56.5	65	65	65	65
2700	113.1	--	--	--	--	67.8	65	65	80	65

Zonas indicadas en la figura 11



Zona segura



Zona 1



Zona 2

$$\text{Nota: } I_n = \frac{\text{kVAR}}{\text{kV}^3}$$

Corriente de línea A

## 5.2. Protección de bancos de capacitores

En la aplicación de fusibles de expulsión para la protección de bancos de capacitores contra sobrecorrientes, se deben tener en consideración las siguientes características de operación de éstos:

- Su corriente de energización es senoidal y transitoria y su magnitud se incrementa con la raíz cuadrada de su corriente nominal.
- En los bancos aislados o en paralelo, la corriente de energización puede alcanzar magnitudes elevadas, dependiendo esto del punto de la onda de tensión en el cual se efectúe el cierre del circuito considerado.
- Debido a que la corriente transitoria de energización de los capacitores no se reduce en proporción a su corriente nominal, en las unidades pequeñas esta corriente de energización es un múltiplo mayor de aquella, por lo que la corriente nominal de los eslabones fusibles a seleccionar puede ser hasta de dos veces la corriente nominal de los capacitores.
- Los criterios actuales establecen factores comprendidos entre 1.35 y 1.65 veces la corriente nominal de los capacitores.

En la tabla 6 se recomiendan eslabones fusibles **K** o **T** para la protección de capacitores en grupo considerando unidades capacitivas de 150 kVAR y diferentes tipos de conexiones.

En la figura 11 se muestran las curvas de probabilidad de ruptura del tanque, para capacitores de 100 KVAR, por arco interno.

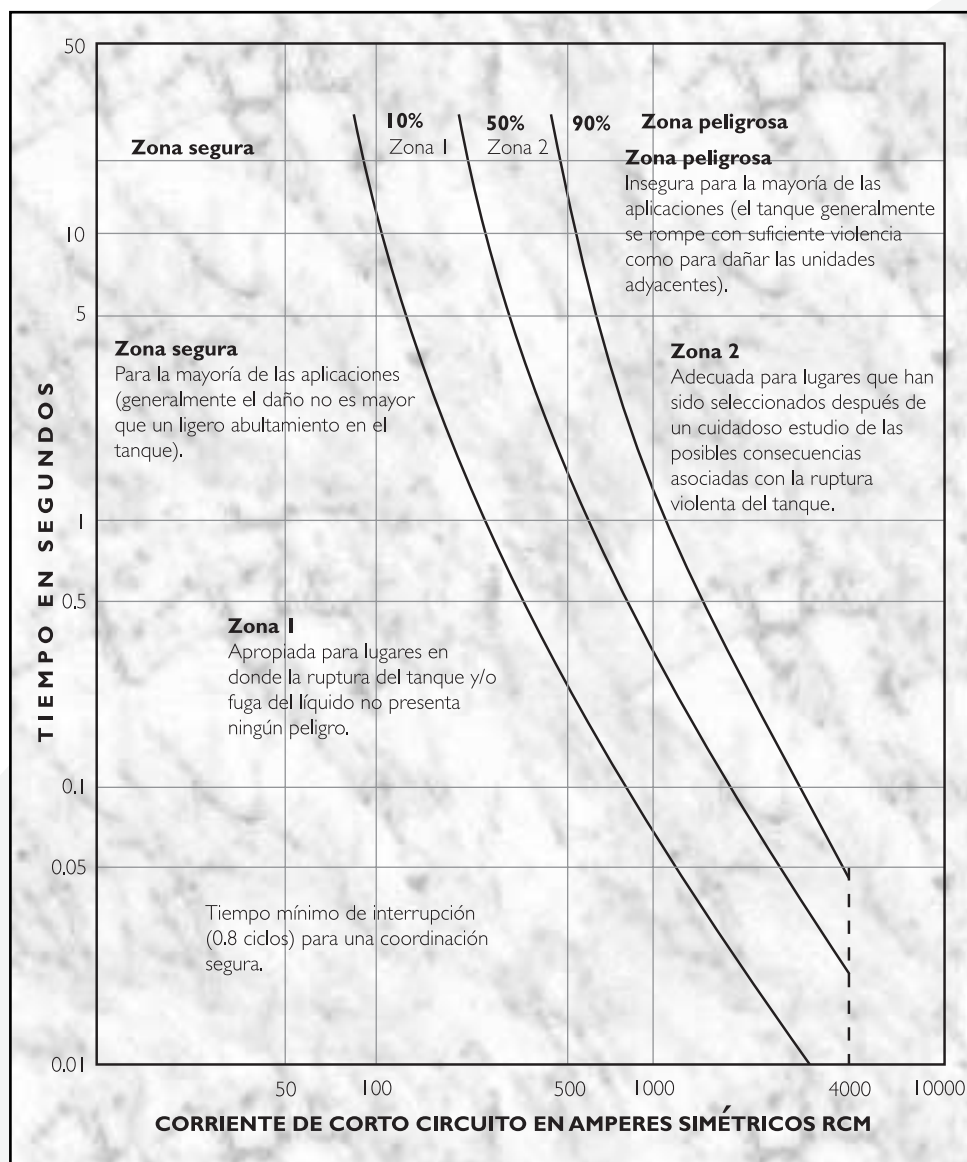
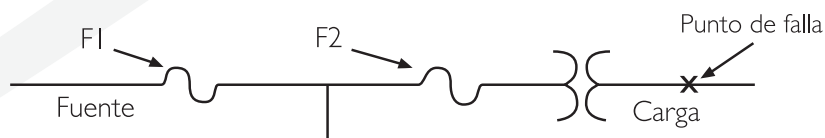


Figura 11 Curvas de probabilidad de ruptura del tanque para capacitores de 100 kVAR de potencia debido a arco interno.

### 5.3 Coordinación

#### Entre fusibles

En la mayor parte de los casos, la coordinación entre fusibles, se logra utilizando las curvas características corriente-tiempo de fusión y corriente-tiempo de interrupción total. Sea el circuito de la figura 11.



F1 = Fusible protegido.

F2 = Fusible protector.

Figura 12 Coordinación entre fusibles conectados en serie.

Se comparan la curva de interrupción total del fusible protector y la curva de fusión del fusible protegido. No deben haber ni traslapes ni un acercamiento excesivo entre ellas, o sea que para asegurar que no opere o se dañe el fusible F1 su tiempo de fusión se debe reducir al 75% de valor original para considerar el efecto de calentamiento debido a carga previa.

En la figura 13 se observa que el valor máximo de corriente con la cual F2 protege a F1 es  $I_1$ , ya que en ese punto se cruzan las curvas de fusión de F1 (ya desplazada) y la de interrupción total de F2.

Con los fusibles de expulsión solo pueden interrumpir la corriente de falla hasta que ocurre su primer valor cero, después de la fusión del elemento sensible a la corriente, sus curvas corriente-tiempo, se terminan en 0.013 seg. (0.8 ciclos a 60 Hertz) que corresponden aproximadamente al tiempo necesario para interrumpir el primer lóbulo de corriente correspondiente a una relación X/R típica de un circuito de distribución.

### Fusibles con restauradores.

Los objetivos que se persiguen cuando se coordinan restauradores con fusibles instalados del lado de la fuente y del lado de la carga son:

- En la coordinación de restauradores con fusibles instalados del lado de la fuente.  
Se busca que el restaurador efectúe su secuencia completa de operaciones y que el efecto del calor acumulado en el fusible, no dañe a este último.
- Coordinación de restauradores con fusibles instalados en el lado de la carga.

En esta condición, las operaciones rápidas del restaurador, no deben provocar daño al (los) fusible (s) incluyendo el efecto acumulativo de las operaciones rápidas considerando los intervalos de recierre. Las

operaciones lentas de restaurador se deben retardar lo suficiente para asegurar la operación del fusible antes de que ocurra la apertura definitiva del restaurador.

Nota:

Para mayor información sobre coordinación entre fusibles y restauradores, favor de consultarnos.

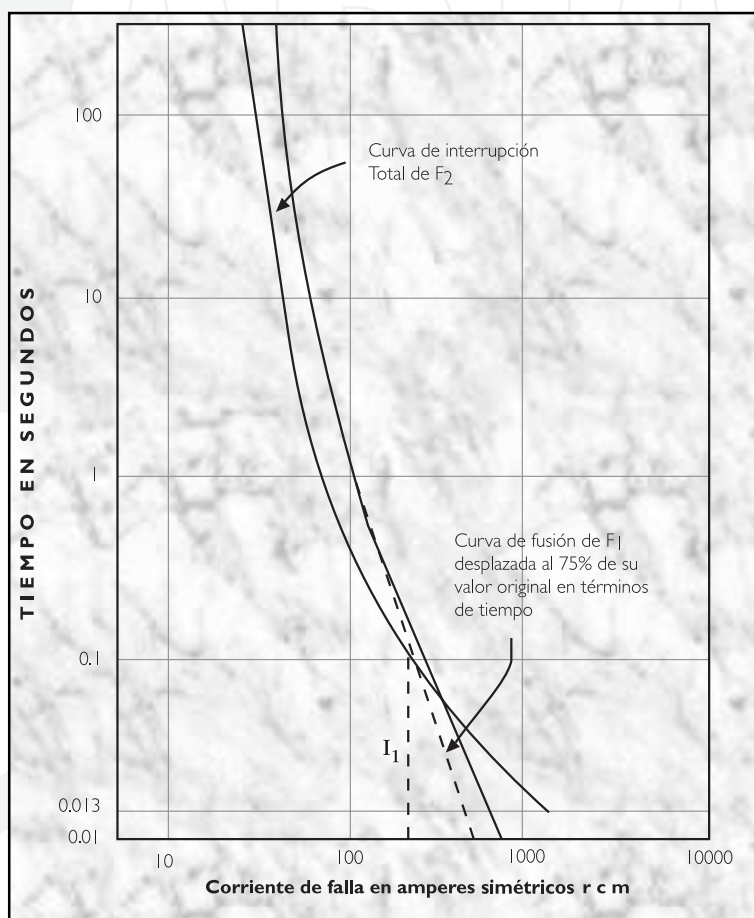


Figura 13. Coordinación entre fusibles de expulsión conectados en serie



## 5.4 Instalación y reemplazo

Los eslabones fusibles marca **PROTELEC-MT** deben instalarse de acuerdo a las instrucciones de los fabricantes de cortacircuitos fusibles.

En un sistema trifásico, se recomienda que después que de hayan operado uno o dos eslabones fusibles, se reemplacen todos ya que los restantes aún cuando aparezcan intactos, pueden haber sufrido fusión parcial y por tanto, haber variado sus características corriente-tiempo de fusión.

### CATÁLOGO DE LOS ESLABONES FUSIBLES UNIVERSALES PARA MEDIA TENSIÓN TIPO K (RÁPIDO) MARCA PROTELEC-MT.

NÚMERO DE CATÁLOGO	CORRIENTE NOMINAL EN AMPERES	TENSIÓN NOMINAL (kV)	VELOCIDAD DE FUSIÓN	MATERIAL UTILIZADO EN EL ELEMENTO SENSIBLE A LA CORRIENTE
I5/27EFU - 1K	1	15	5.5	ACERO INOXIDABLE
I5/27EFU - 2K	2	27	5.5	
I5/27EFU - 3K	3	15	5.6	ALEACIÓN NÍQUEL-CROMO
I5/27EFU - 4K	4		5.7	
I5/27EFU - 5K	5	a	5.9	
I5/27EFU - 6K	6	27	6.0	
I5/27EFU - 7K	7		6.5	
I5/27EFU - 8K	8	15	6.5	PLATA STERLING
I5/27EFU - 10K	10		6.6	
I5/27EFU - 12K	12		6.6	
I5/27EFU - 15K	15		6.9	
I5/27EFU - 20K	20	15	7.0	
I5/27EFU - 25K	25	a	7.0	
I5/27EFU - 30K	30	27	7.1	
I5/27EFU - 40K	40		7.1	
I5/27EFU - 50K	50		7.1	
I5/27EFU - 65K	65		7.2	
I/275EFU - 80K	80		7.4	
I5/27EFU - 100K	100		7.6	

**CATÁLOGO DE LOS ESLABONES FUSIBLES UNIVERSALES PARA  
MEDIA TENSIÓN TIPO T (LENTO) MARCA PROTELEC-MT.**


<b>NÚMERO DE CATÁLOGO</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL EN AMPERES</b>	<b>TENSIÓN NOMINAL (kV)</b>	<b>VELOCIDAD DE FUSIÓN</b>	<b>MATERIAL UTILIZADO EN EL ELEMENTO SENSIBLE A LA CORRIENTE</b>
I5/27EFU – 6T	6		10.0	PLATA EUTÉCTICA
I5/27EFU – 8T	8		11.1	
I5/27EFU – 10T	10		11.5	
I5/27EFU – 12T	12	15	11.8	
I5/27EFU – 15T	15	a	12.5	
I5/27EFU – 20T	20	27	12.7	
I5/27EFU – 25T	25		12.7	
I5/27EFU – 30T	30		12.9	
I5/27EFU – 40T	40		13.0	
I5/27EFU – 50T	50		13.0	

**CATÁLOGO DE LOS ESLABONES FUSIBLES UNIVERSALES PARA  
MEDIA TENSIÓN TIPO K (RÁPIDO) MARCA PROTELEC-MT.**

NÚMERO DE CATÁLOGO	CORRIENTE NOMINAL EN AMPERES	TENSIÓN NOMINAL (kV)	VELOCIDAD DE FUSIÓN	MATERIAL UTILIZADO EN EL ELEMENTO SENSIBLE A LA CORRIENTE
38EFU - 1K	1	38	5.5	ACERO INOXIDABLE
38EFU - 2K	2		5.5	
38EFU - 3K	3	38	5.6	ALEACIÓN NÍQUEL-CROMO
38EFU - 4K	4		5.7	
38EFU - 5K	5		5.9	
38EFU - 6K	6		6.0	
38EFU - 7K	7		6.5	
38EFU - 8K	8	38	6.5	PLATA STERLING
38EFU - 10K	10		6.6	
38EFU - 12K	12		6.6	
38EFU - 15K	15		6.9	
38EFU - 20K	20		7.0	
38EFU - 25K	25		7.0	
38EFU - 30K	30		7.1	
38EFU - 40K	40		7.1	
38EFU - 50K	50		7.1	
38EFU - 65K	65		7.2	
38EFU - 80K	80		7.4	
38EFU - 100K	100		7.6	



**CATÁLOGO DE LOS ESLABONES FUSIBLES UNIVERSALES PARA  
MEDIA TENSIÓN TIPO T (LENTO) MARCA PROTELEC-MT.**

<b>NÚMERO DE CATÁLOGO</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL EN AMPERES</b>	<b>TENSIÓN NOMINAL (kV)</b>	<b>VELOCIDAD DE FUSIÓN</b>	<b>MATERIAL UTILIZADO EN EL ELEMENTO SENSIBLE A LA CORRIENTE</b>
38EFU – 6T	6		10.0	 PLATA EUTÉCTICA
38EFU – 8T	8		11.1	
38EFU – 10T	10		11.5	
38EFU – 12T	12		11.8	
38EFU – 15T	15	38	12.5	
38EFU – 20T	20		12.7	
38EFU – 25T	25		12.7	
38EFU – 30T	30		12.9	
38EFU – 40T	40		13.0	
38EFU – 50T	50		13.0	

## OTROS PRODUCTOS:



FUSIBLE  
(baja tensión)



FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE,  
TIPO RESPALDO (BACK-UP)  
(media tensión)



UNIDAD FUSIBLE DE POTENCIA  
ABX-23

