

INDICE

1	OBJETO Y AMBITO DEL ESTUDIO	2
2	VALORES DE LOS PARÁMETROS EN EL ESTUDIO	2
3	CRITERIOS DE SELECTIVIDAD DEL SISTEMA DE PROTECCIONES.....	5
4	CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN BT	7
4.1	Cortocircuito trifásico.....	7
4.2	Cortocircuito bifásico	8
4.3	Cortocircuito monofásico.....	9
4.4	Resumen formulación. Observaciones.....	10
5	PROTECCIONES EN LAS SALIDAS DE BT DE LOS CT Y PT	13
5.1	Protección mediante fusibles.....	13
5.1.1	<i>Intensidad nominal del conductor.....</i>	14
5.1.2	<i>Respuesta térmica del conductor</i>	15
5.1.3	<i>La potencia del transformador</i>	19
5.1.4	<i>Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT.....</i>	23
6	CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES PARA BT DEL TIPO “gG”	24
7	LONGITUDES MÁXIMAS EN CONDUCTORES.....	25
7.1	Criterio de protección por fusibles con $t = 5$ segundos.....	25
7.1.1	<i>Proceso de cálculo.....</i>	25
7.1.2	<i>Longitudes máximas de conductor</i>	27
7.1.3	<i>Utilización de calibres inferiores de fusibles.....</i>	30
7.1.4	<i>Ejemplo del cálculo de la longitud máxima en un conductor</i>	33
7.1.5	<i>Longitudes máximas en conductores de diferente sección (Derivaciones).....</i>	34
7.1.6	<i>Ejemplo del cálculo de la longitud máxima de una derivación.....</i>	36
7.1.7	<i>Ejemplos de aplicación.....</i>	37
7.2	Criterio de la respuesta termica del conductor.....	40
7.2.1	<i>Protección contra sobrecargas</i>	40
7.2.2	<i>Protección contra cortocircuitos</i>	41
7.2.3	<i>Longitud máxima protegida.....</i>	42
7.2.4	<i>Longitudes máximas limitadas por caída de tensión (c.d.t.).....</i>	43
8	CORRESPONDENCIA CON OTRAS PUBLICACIONES.....	48

1 OBJETO Y AMBITO DEL ESTUDIO

El presente estudio define el proceso a seguir para la elección del calibre y ajuste óptimo del sistema de protecciones de los conductores de salida de BT en los centros de transformación.

Esta elección vendrá determinada por la potencia y tensión nominal de servicio del transformador, así como por el tipo de conductor de salida que incorpore.

2 VALORES DE LOS PARÁMETROS EN EL ESTUDIO

Los resultados del presente estudio parten de los valores normalizados en los estándares del grupo ENDESA para los diferentes elementos que componen un centro de transformación.

Cuando se haga uso de un valor de un parámetro o elemento no normalizado en el grupo ENDESA, se indicará claramente su procedencia y el uso al cual va destinado.

Las siguientes tablas muestran las características principales de los elementos a que se hace referencia en este documento.

La tensión nominal BT es de **400V** (referencia **GE FND001**):

Reactancias de Cortocircuito en los transformadores (referencia **GE FND001**):

Tensión mas elevada del material (Um)	Potencia (kVA)	
	£ 630	1000
£ 24 kV	4 %	6 %
36 kV	4,5 %	6 %

Tabla 1 Impedancias cortocircuito transformadores

Grupo de conexión (referencia **GE FND001**):

Clase transformador	Potencia (kVA)	
	50 – 100	160 – 250 – 400 – 630 - 1000
Con una tensión primaria	Yzn11	Dyn11
Con doble tensión primaria	Yzn11 ó Dzn0	Yyn0 ó Dyn11

Tabla 2 Grupos de conexión transformadores

Características conductores subterráneos (referencia **GE CNL001**):

Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio					
Sección f/n	50/50	95/50	150/95	240/150	mm ²
In en aire	140	240	300	420	A
In enterrados	180	260	330	430	A
R f/n	0,641/0,641	0,32/0,641	0,206/0,32	0,125/0,206	W/km a 20°C
(1) X	0,097	0,090	0,089	0,087	W/km
I max. a 0,1sg.	14,7	27,9	44,1	70,5	kA
I max. a 0,2sg.	10,1	19,2	30,4	48,7	kA
I max. a 1sg.	4,6	8,8	13,9	22,3	kA
(2) Carac. I ² t	21,06	76,32	190,8	489,6	A ² *sg*1000
(3) lcc. a 5 sg.	1945	3696	5836	9338	A
Carga máxima	124,7	180,1	228,6	297,9	kVA

Tabla 3 Características conductores subterráneos

(1) valores medios, según configuración estándar.

(2) media de los valores de la intensidad máxima admisible, en el tiempo indicado.

(3) Cálculo intensidad de cortocircuito soportada durante 5 segundos en un proceso adiabático, según $I = k \cdot S / \sqrt{t}$, con k=87 para el Aluminio, según norma UNE 20460-4-43 y GE CDL002

Características conductores aéreos con neutro fiador, (referencia **GE BNL001**)

Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio con neutro fiador				
Sección f/n	3x50Al/54,6Alm	3x95 Al/54,6Alm	3x150 Al/80Alm	mm ²
In	150	230	305	A
R f/n	0,641/0,63	0,32/0,63	0,206/0,43	W/km a 20°C
(1) X	0,092	0,086	0,084	W/km
I max. a 0,1sg.	14,7	27,9	44,1	KA
I max. a 0,2sg.	10,1	19,2	30,4	KA
I max. a 1sg.	4,6	8,8	13,9	KA
(2) Carac. I ² t	21,06	76,34	190,8	A ² *sg*1000
(3) lcc. a 5 sg.	1945	3696	5836	A
Carga máxima	104	160	212	KVA

Tabla 4 Características conductores aéreos con neutro fiador

(1) valores medios, según configuración estándar.

(2) media de los valores de la intensidad máxima admisible, en el tiempo indicado.

(3) Cálculo intensidad de cortocircuito soportada durante 5 segundos en un proceso adiabático, según $I = k \cdot S / \sqrt{t}$, con k=87 para el Aluminio, según norma UNE 20460-4-43 y GE BDZ001

Características conductores aéreo (referencia GE BNL001)

Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio			
Sección	2x16Al	4x25 Al	mm²
In	75	100	A
R f/n	1,91	1,20	W/km a 20°C
X	0,082 (1)	0,085 (2)	W/km
I max. a 0,1sg.	4,7	7,3	kA
I max. a 0,2sg.	3,2	5,0	kA
I max. A 1sg.	1,4	2,3	kA
(2) Carac. I²t			A²·sg*1000
(3) lcc. a 5 sg.	622	972	A
Carga máxima	52	69	kVA

Tabla 5 Características conductores aéreos

- (1) valores medios, según configuración de dos conductores unipolares en disposición paralelo.
 (2) valores medios, según configuración de cuatro conductores unipolares en disposición cuadrada.
 (1 y 2) calculada mediante la fórmula :

$$L = \left[5 + 46 \cdot \log \frac{2 \cdot a_m}{d} \right] \cdot 10^{-5} \quad H/m$$

$$X = 2 \cdot p \cdot f \cdot L$$

- (3) media de los valores de la intensidad máxima admisible, en el tiempo indicado.
 (4) Cálculo intensidad de cortocircuito soportada durante 5 segundos en un proceso adiabático, según $I = k \cdot S / \sqrt{0t}$, con $k=87$ para el Aluminio, según norma UNE 20460-4-43 y GE BDZ001

3 CRITERIOS DE SELECTIVIDAD DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

Para determinar el calibre de la protección a instalar en cualquier punto de una red de distribución BT, los criterios que se han seguido son:

- Garantizar la ausencia de actuación de la protección para valores de la corriente nominal del elemento protegido (plena explotación).
- Cada protección ha de ser capaz de despejar cortocircuitos en cualquier punto de "su" zona protegida.
- Debe existir un margen de al menos **250** milisegundos entre las respuestas de dos protecciones intercaladas en serie.
- En el caso de las protecciones del tipo fusible, y a efectos de selectividad, se toman como curvas de respuesta la de "pre-arco" para el fusible "aguas arriba" y la de "fusión" para el fusible aguas abajo. (*Ver figura 1*)
- El calibre de una protección vendrá determinado en principio por la intensidad máxima permanente que pueda soportar el elemento protegido, o la máxima permanente que pueda aportar el sistema eléctrico, cuando ésta resulte inferior.
- La característica de operación de la protección debe estar por debajo de la característica térmica del circuito a proteger, a efectos de salvaguardar las constantes físicas de dicho material.
- Manteniendo los criterios de selectividad expuestos, el calibre de la protección a instalar en el lado BT de un sistema simple, constituido por un transformador y una sola salida BT, vendría determinado por la intensidad admisible de menor valor: la correspondiente a la potencia del transformador o la correspondiente al tipo de conductor de salida.
- En el caso habitual, en que hay varias salidas BT, cada una de ellas dispondrá de una protección de calibre adecuado al tipo de conductor. En este caso, se presupone que el transformador soporta ampliamente la carga de las salidas, debiendo efectuar el estudio de selectividad entre protecciones con el criterio de "una a una", es decir: la protección del transformador frente a la de cada salida. Se desestima el criterio de sobrecarga

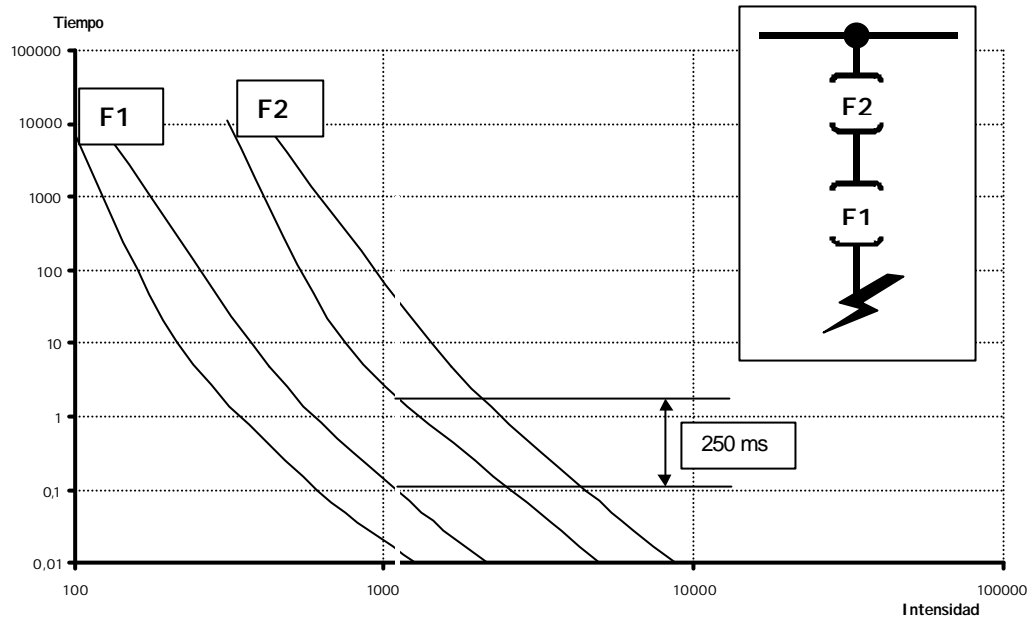


Ilustración 1 Selectividad entre fusibles en serie

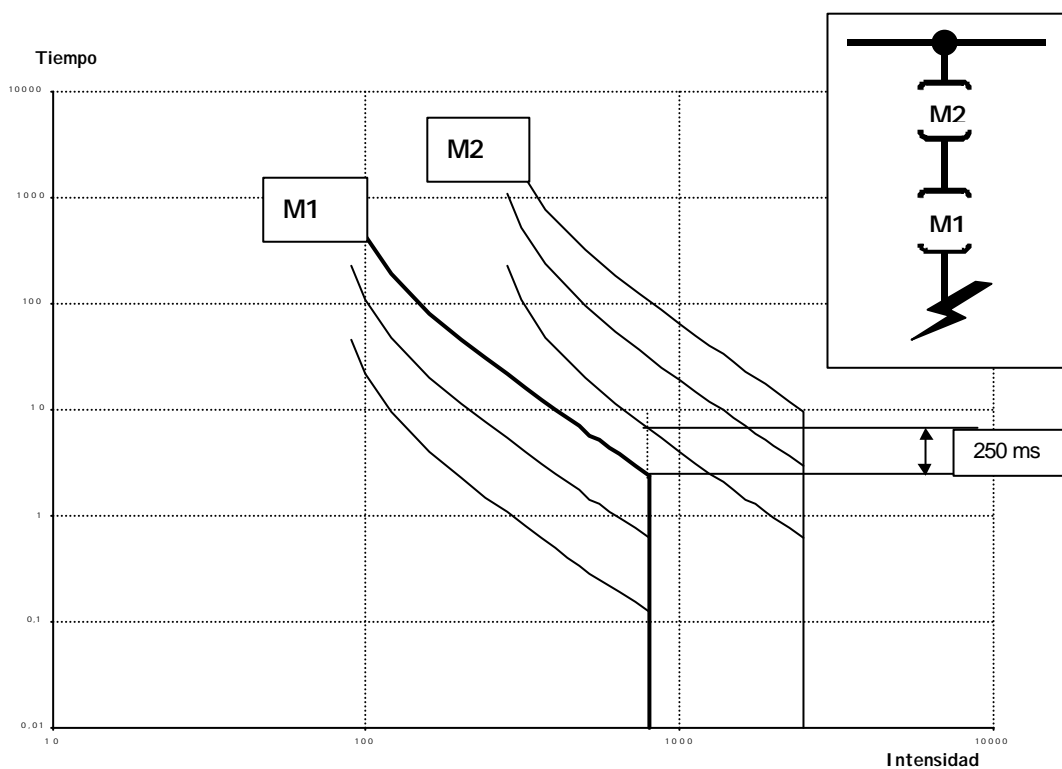


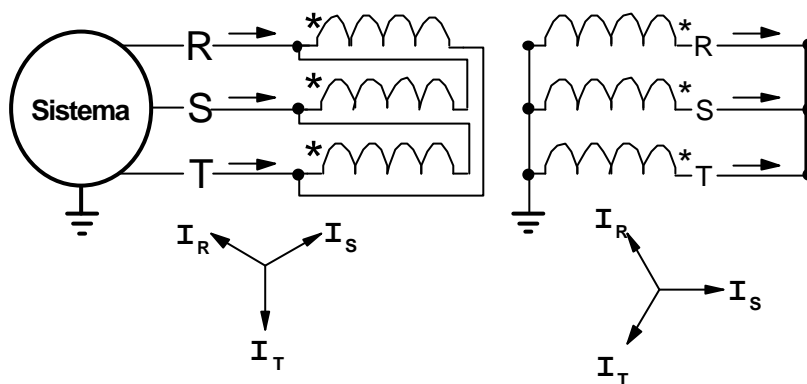
Ilustración 2 Selectividad entre magnetotérmicos en serie

4 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN BT

A efectos de determinar los valores de la corriente de cortocircuito en bornes de BT de un transformador AT/BT, se detalla la formulación empleada para los diferentes tipos de defectos. Estas fórmulas están basadas en la norma **UNE-21239/94**.

4.1 Cortocircuito trifásico

Esquema



Formulación

$$I_{cc3f} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_1}$$

$$Z_1 = Z_{sis} + Z_{traf} + Z_{corto}$$

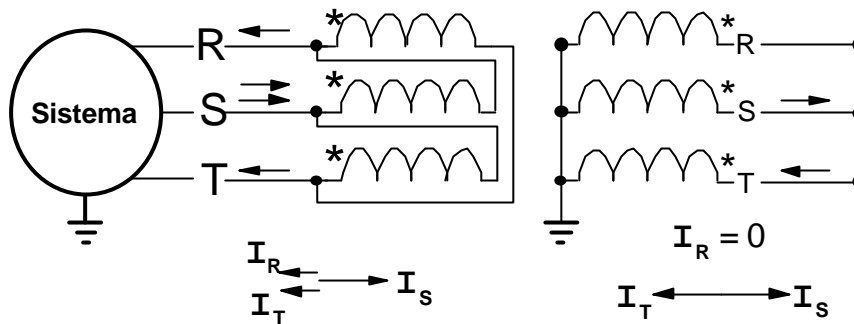
$$Z_{sis} = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{traf} = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n}$$

$$\Rightarrow Z_1 = \frac{U^2}{S_{cc}} + u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n} = \left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{S_n}$$

$$I_{cc3f} = \frac{\frac{U}{\sqrt{3}}}{\left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{S_n}} = \frac{\frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U}}{u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}} = \frac{I_n}{u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}}$$

4.2 Cortocircuito bifásico



Fórmulas

$$I_{cc2f} = \frac{U}{Z_1 + Z_2}$$

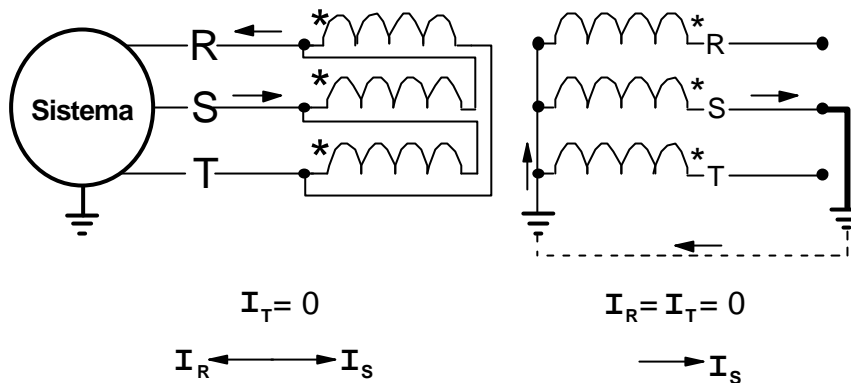
$$\left. \begin{aligned} Z_1 = Z_2 = Z_{sis} + Z_{traf} + Z_{corto} \\ Z_{sis} = \frac{U^2}{S_{cc}} \\ Z_{traf} = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n} \end{aligned} \right|$$

$$\Rightarrow Z_1 = Z_2 = \frac{U^2}{S_{cc}} + u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n} = \left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{S_n}$$

$$I_{cc2f} = \frac{U}{2 \cdot \left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{S_n}} = \frac{\frac{S_n}{U}}{2 \cdot \left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right)} = \frac{I_n \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \left(u_{cc} + \frac{S_n}{S_{cc}}\right)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cc3f}$$

Dado el grupo de conexión del transformador, una de las corrientes del lado AT (la S del ejemplo) asume el mismo valor que en el caso del cortocircuito trifásico en el lado BT.

4.3 Cortocircuito monofásico



Fórmulas

$$I_{cc1\phi} = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_2 = Z_{sis} + Z_{traf} + Z_{corto} \\ Z_{sis} = \frac{U^2}{S_{cc}} \\ Z_{traf} = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{Sn} \\ Z_0 = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{Sn} \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} Z_1 = Z_2 = \frac{U^2}{S_{cc}} + u_{cc} \cdot \frac{U^2}{Sn} = \left(u_{cc} + \frac{Sn}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{Sn} \\ Z_0 = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{Sn} \end{cases}$$

$$Z_1 + Z_2 + Z_0 = \left(3 \cdot u_{cc} + 2 \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{Sn} = 3 \cdot \left(u_{cc} + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{Sn}$$

$$I_{cc1\phi} = \frac{\frac{U}{\sqrt{3}}}{\left(u_{cc} + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}\right) \cdot \frac{U^2}{Sn}} = \frac{\frac{Sn}{U \cdot \sqrt{3}}}{u_{cc} + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}} = \frac{In}{u_{cc} + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}} = I_{cc3\phi} \cdot \frac{u_{cc} + \frac{Sn}{S_{cc}}}{u_{cc} + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{S_{cc}}}$$

ya que $In = I_{cc3\phi} \cdot \left(u_{cc} + \frac{Sn}{S_{cc}}\right)$ (ver apartado 4.1)

4.4 Resumen formulación. Observaciones

Trifásico:
$$I_{cc3f} = \frac{In}{ucc + \frac{Sn}{Scc}}$$

Bifásico:
$$I_{cc2f} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cc3f}$$

Monofásico:
$$I_{cc1f} = \frac{ucc + \frac{Sn}{Scc}}{ucc + \frac{2}{3} \cdot \frac{Sn}{Scc}} \cdot I_{cc3f}$$

Siendo:

I_{cc3f} = corriente de cortocircuito trifásico en BT del transformador; Amperios
 I_{cc2f} = corriente de cortocircuito bifásico en BT del transformador; Amperios
 I_{cc1f} = corriente de cortocircuito monofásico en BT del transformador; Amperios
 In = Intensidad nominal en BT del transformador; Amperios
 Sn = potencia nominal del transformador; MVA
 Scc = potencia de cortocircuito en bornes de MT del transformador; MVA.
 ucc = tensión de cortocircuito del transformador; en tanto por uno.

Nótese que, aunque ligeramente, la corriente de cortocircuito monofásico en BT supera a la corriente de cortocircuito trifásico; por ejemplo, para un transformador de 0,4 MVA, $ucc=0,04pu$ y con $Scc=200$ MVA...

$$I_{cc1f} = \frac{0,04 + \frac{0,4}{200}}{0,04 + \frac{2}{3} \cdot \frac{0,4}{200}} \cdot I_{cc3f} \quad \mathbf{P} \quad I_{cc1f} = 1,02 \cdot I_{cc3f}$$

diferencia que puede despreciarse, de modo que...

$$I_{cc2f} < I_{cc3f} = I_{cc1f}$$

Las corrientes máximas teóricas se obtienen suponiendo una red MT de potencia de cortocircuito infinita ($S_{cc}=\infty$); en tal caso:

$$I_{cc3f} = I_{cc1f} = \frac{In}{ucc}$$

$$I_{cc2f} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cc3f}$$

En ocasión de un cortocircuito trifásico en BT, las corrientes en AT se obtienen aplicando la relación de transformación:

$$I_{cc3f} \cdot \frac{0,4}{UnAT}$$

En ocasión de un cortocircuito bifásico en BT, una de las fases AT conduce la misma corriente que en el caso anterior, y las otras dos fases la mitad.

En ocasión de un cortocircuito monofásico en BT, dos de las fases AT conducen una corriente cuyo valor resulta de multiplicar la corriente en BT por la relación de espiras del transformador:

$$I_{cc3f} \cdot \frac{0,23}{UnAT}$$

En las redes rurales, es conveniente conocer aproximadamente el valor de la potencia de cortocircuito en bornes AT del transformador, (Potencia de Cortocircuito del Sistema), ya que para valores inferiores a 50 MVA las corrientes de cortocircuito son de un valor muy inferior al esperado, (del orden de un 25% menos respecto a una fuente de potencia infinita), y existe riesgo de que la protección opere en un tiempo excesivo y no llegue a actuar, con el perjuicio y deterioro de los elementos que protege. (ver *Tabla 6 Influencia de la potencia de cortocircuito*)

Las fórmulas anteriores suponen cortocircuitos en bornes BT y "metálicos", sin ningún tipo de impedancia de defecto. En el momento que se considere alguna impedancia de defecto, las corrientes de cortocircuito serán muy inferiores (del orden del 50% con un defecto de resistencia igual a la reactancia del transformador). En este caso, la influencia de la Potencia de Cortocircuito del Sistema será muy inferior en el cálculo.

En la tabla siguiente se aprecia la influencia de la potencia de cortocircuito en AT sobre las corrientes de cortocircuito en BT:

Transformador de 400 kVA y $u_{cc}=4\%$		
Scc del sistema (MVA)	lcc3f en BT	
	(A)	(%)
100000	14432	100
1000	14291	99
400	14082	98
300	13968	97
200	13746	95
100	13122	91
90	12990	90
80	12830	89
70	12630	88
60	12372	86
50	12028	83
40	11547	80
30	10825	75
20	9623	67
10	7217	50
5	4811	33

Tabla 6 Influencia de la potencia de cortocircuito en AT

5 PROTECCIONES EN LAS SALIDAS DE BT DE LOS CT Y PT

En los centros de transformación, CT, y en los postes de transformación, PT, la protección de las salidas de BT se efectuará mediante elementos cortacircuitos fusibles.

5.1 Protección mediante fusibles

Los fusibles serán del tipo "gG", de uso general y con las características que se describen en las normas **UNE EN 60269** partes 1 y 2 (antiguas UNE-21103 partes 1/91 y 2/91) y **UNE 21103-2-1**. En este mismo documento (*apartado 6*) se muestra una tabla con las características principales de los fusibles "gG" para BT.

Conocida la máxima corriente de cortocircuito trifásico en bornes BT del transformador que alimente a dicho conductor; el poder de corte del fusible del conductor debe superar ampliamente este valor, de modo que sea capaz de cortar la intensidad máxima de cortocircuito fundiendo solamente, sin deterioro de su estructura externa. Esto también es aplicable al conjunto portador del elemento fusible (contactos, base,...).

En las tablas siguientes se indican los valores de cortocircuito en bornes de BT del transformador, con una potencia de cortocircuito en AT de 500 MVA:

Tensión en AT del transformador > 24 kV, con Scc = 500MVA (valores en Amperios)					
Potencia (kVA)	ucc (%)	I nominal	lcc3f	lcc2f	lcc1f
50	4,5	72	1600	1385	1601
100	4,5	144	3193	2765	3198
160	4,5	231	5095	4413	5107
250	4,5	361	7930	6868	7959
400	4,5	577	12605	10917	12679
630	4,5	909	19656	17023	19836
1000	6	1443	23280	20161	23533

Tabla 7 Calibre fusible : poder de corte (>24 kV)

Tensión en AT del transformador < 24 kV, con Scc = 500MVA (valores en Amperios)					
Potencia (kVA)	ucc (%)	I nominal	lcc3f	lcc2f	lcc1f
50	4	72	1799	1558	1801
100	4	144	3590	3109	3596
160	4	231	5727	4960	5742
250	4	361	8909	7716	8946
400	4	577	14150	12254	14243
630	4	909	22038	19086	22265
1000	6	1443	23280	20161	23533

Tabla 8 Calibre fusible : poder de corte (<24 kV)

Según se indica en la Tabla B de la norma **UNE EN 60269** parte 2, en su punto 5.7.2, el mínimo poder de corte para fusibles de tipo "gG" de corriente alterna y de tensión

asignada ≤ 660 V, es de 50 kA; valor doble que el mayor de los indicados en la *Tabla 7 Calibre fusible : poder de corte (>24 kV)* y en la *Tabla 8 Calibre fusible : poder de corte (<24 kV)* de este documento, por lo que en principio los fusibles “gG” cumplen ampliamente este criterio.

Para una salida BT determinada el calibre del fusible vendrá impuesto por:

- 1) *La intensidad nominal del conductor*
- 2) *La respuesta térmica del conductor*
- 3) *La potencia del transformador AT/BT*

Siendo el valor menor que resulte de aplicar estos criterios el que determine el calibre del fusible a aplicar.

5.1.1 Intensidad nominal del conductor.

El fusible elegido con este criterio permite la plena utilización del conductor. Se tomará la intensidad máxima permanente admisible del conductor, en condiciones habituales de explotación, comparándose ésta con la intensidad convencional de **No Fusión** de los fusibles, eligiendo el fusible con **I de No Fusión** inferior.

La intensidad convencional de **No Fusión** es aquella que el fusible puede soportar durante un tiempo especificado (*tiempo convencional, normalmente superior a 1 – 2 horas*), sin fundir. (ver apartado 6)

De considerarse solo este criterio, el calibre de los fusibles en las salidas de un CT o PT sería:

Conductor fase (mm ²)	I nominal enterrado (A)	Calibre del fusible “gG”	I de No Fusión
50	180	125	156
95	260	200	250
150	330	250	312
240	430	315	394

Tabla 9 Calibre fusible : Intensidad nominal conductor

Véase el *Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT*

5.1.2 Respuesta térmica del conductor

Bajo esta condición, se determinan las intensidades que puede soportar el conductor de la salida BT durante un tiempo específico, siendo el método de cálculo empleado del tipo de función de respuesta térmica: $I^2 \times t = cte$.

La característica intensidad/tiempo del conductor tendrá que ser superior a la respuesta del fusible, a efectos de que el fusible proteja al conductor. El conductor puede soportar un valor determinado de corriente durante un tiempo $t_{conductor}$; para este mismo valor de corriente, el fusible debe fundir en un tiempo $t_{fusible}$, menor que $t_{conductor}$, respetando siempre los criterios de selectividad que se han descrito (*apartado 3*).

$$t_{fusible} + 250 \leq t_{conductor}$$

A efectos de hallar el calibre óptimo del fusible, se indican los dos métodos de cálculo empleados y sus resultados. Ambos métodos son válidos, siendo el segundo más restrictivo.

- El primer método corresponde al valor estandarizado de corriente máxima admisible durante 5 segundos, como se indica en la norma **UNE 20460-90/4-43**, apartado 434 en todos sus puntos, y viene determinada por la fórmula:

$$I_{admisible} = k \cdot \frac{S}{\sqrt{t}}$$

siendo:

k; constante específica del material del conductor. En el caso del Aluminio, se toma $k=87$. (norma **UNE 20460-90** parte **4-43** apartado **434.3.2**)

S; sección del conductor activo, en mm².

t; tiempo, igual a 5 segundos.

El valor de la corriente para dicho tiempo de 5 segundos es un dato también conocido para los fusibles del tipo "gG" (*ver apartado 6*). Se toma el calibre de fusible cuya intensidad máxima admisible en ese tiempo sea inmediatamente inferior al valor de corriente obtenido.

Conductor (mm ²)	I nominal (A)	Intensidad admisible a 5 seg. (A)	Calibre máximo del fusible	I fusible a 5 seg.
50	180	1945	250	1650
95	260	3698	400	2840
150	330	5836	630	5100
240	430	9338	800	7000

Tabla 10 Calibre fusible : respuesta térmica conductor (1er. Método)

Véase el **Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT**

- El segundo método vendrá determinado por:
 - 1) el tiempo convencional característico del fusible, obtenido de la norma **UNE EN 60269-1** tabla 2.

2) la intensidad admisible del conductor en dicho tiempo convencional del fusible, calculada según la formulación incluida en la norma **UNE 21192**:

$$I = e \cdot I_{AD}$$

$$I_{AD}^2 \cdot t = k^2 \cdot S^2 \cdot L_n \left(\frac{q_f + b}{q_i + b} \right)$$

donde:

$I \Rightarrow$ intensidad admisible de cortocircuito, a calcular

$I_{AD} \Rightarrow$ intensidad de cortocircuito, calculada según la hipótesis adiabática

$t \Rightarrow$ tiempo convencional del fusible que se instala, en segundos

$k \Rightarrow$ constante que depende del material del conductor, para el Aluminio vale 148

$S \Rightarrow$ sección geométrica del conductor, en mm²

$q_f \Rightarrow$ temperatura final máxima alcanzable la del conductor (160°C), la del aislamiento XLPE (120°C).

$q_i \Rightarrow$ temperatura inicial del conductor, tomándose 40° C

$b \Rightarrow$ inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura, para el Aluminio vale 228

$e \Rightarrow$ factor de pérdida del calor, (1 en régimen adiabático), tomándose en este caso los valores correspondientes a cada instante, de la fórmula simplificada para su cálculo, como se indica en la misma norma **UNE 21192**:

$$e = \sqrt{1 + X \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \cdot \frac{t}{S}}$$

siendo :

$X \Rightarrow$ constante; para el Aluminio y aislamiento XLPE, vale 0,57

$Y \Rightarrow$ constante; para el Aluminio y aislamiento XLPE, vale 0,16

Se elige el calibre de fusible cuya Corriente de Fusión en el tiempo convencional, sea inmediatamente inferior al valor de corriente obtenido, considerando una temperatura máxima de 120 °C.

Conductor (mm ²)	I nominal admisible (A)	Tiempo convencional (horas)	Intensidad calculada en tiempo convencional (A)		Calibre del fusible	I fusión en tiempo convencional (A)
			a 120 °C	a 160 °C		
50	180	2	250	297	125	200
95	260	3	351	417	200	320
150	330	3	459	546	250	400
240	430	3	611	745	315	504

Tabla 11 Calibre fusible : respuesta térmica conductor (2º Método)

En el ejemplo siguiente, se comentan estos resultados.

Se tiene una salida BT de 150/95 mm². Según las indicaciones, el calibre máximo de fusible es de 250 A. En la ilustración siguiente se ven las características de estos elementos y se evidencia que el fusible protege plenamente al conductor:

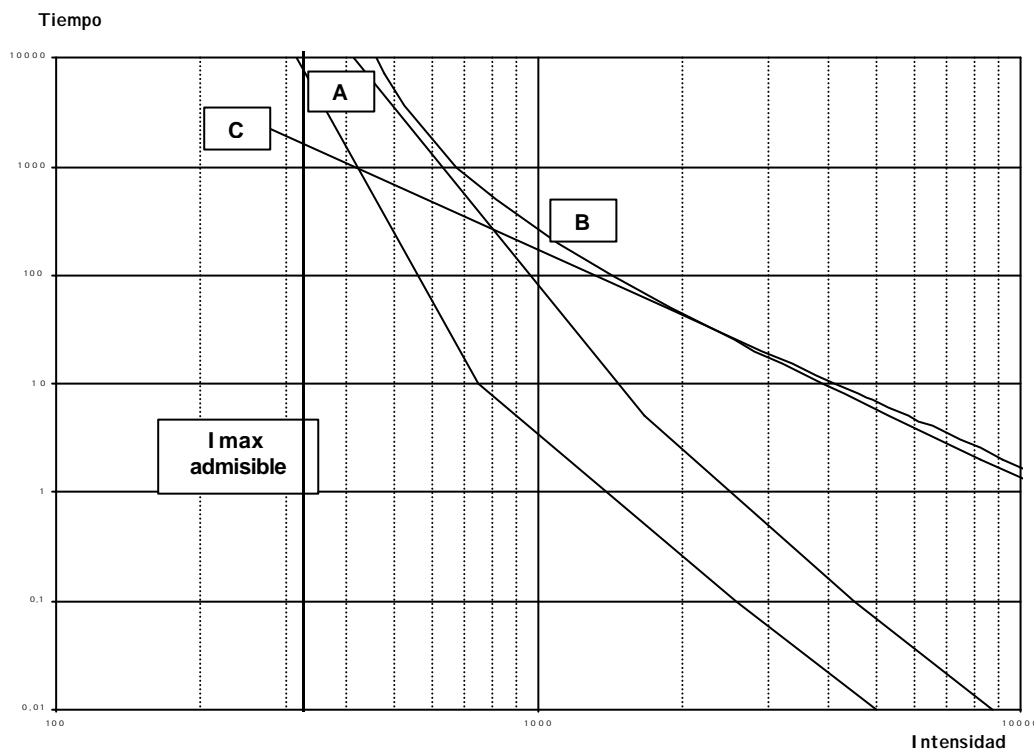


Ilustración 3 Respuesta térmica conductor (óptima)

Siendo

- Curva A : curvas características del fusible de 250 A.
- Curva B : respuesta térmica del conductor, siguiendo el criterio de comportamiento no adiabático, considerando la pantalla y la naturaleza del aislamiento.
- Curva C : respuesta térmica del conductor según su comportamiento adiabático. Este tipo de respuesta, considera únicamente al conductor, no su pantalla ni la naturaleza del aislamiento.

Si en vez de instalar en la salida BT el fusible de calibre 250 A, se instalase uno de 315 A, el conductor no quedaría debidamente protegido en la zona de tiempos superiores a 250 segundos; es decir para corrientes de cortocircuito inferiores a 1050 A. Es el caso representado en la ilustración siguiente:

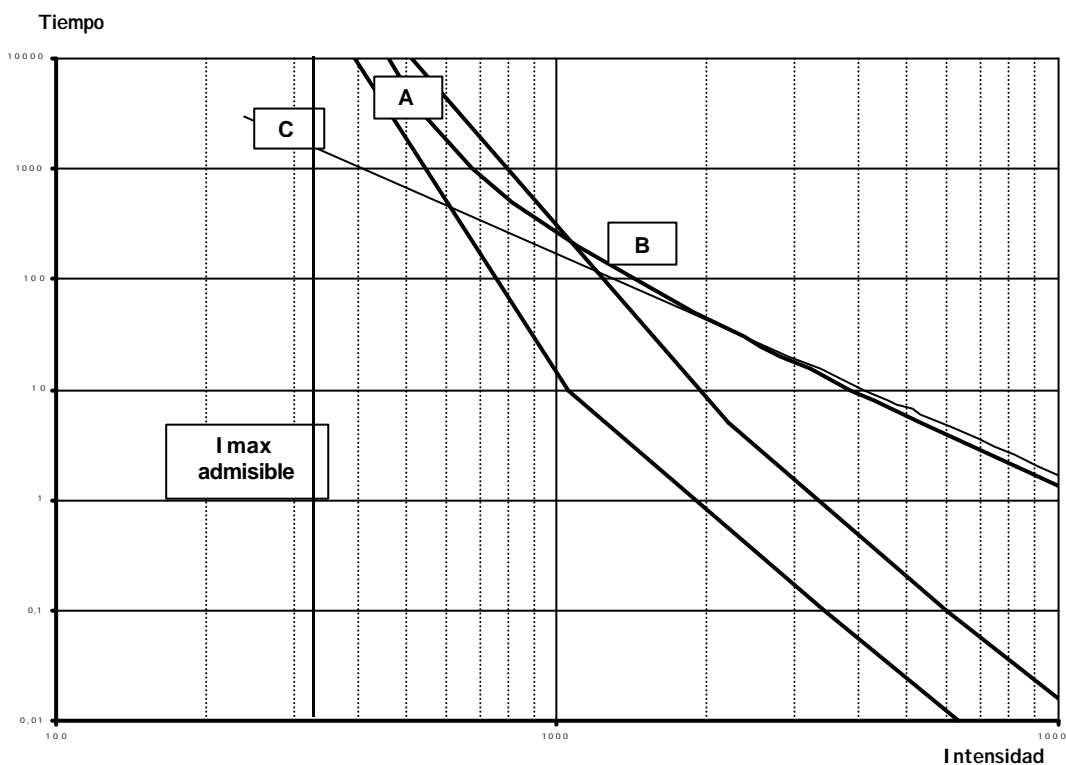


Ilustración 4 Respuesta térmica del conductor (fallo)

En el caso de conductores de menor sección (cable de 50 mm² p.e.), la instalación de un calibre superior al recomendado, es mucho más perjudicial para él. En la siguiente figura se muestran las respuestas térmicas del conductor, así como las zonas de actuación de fusibles de calibre 125 A y 315 A.

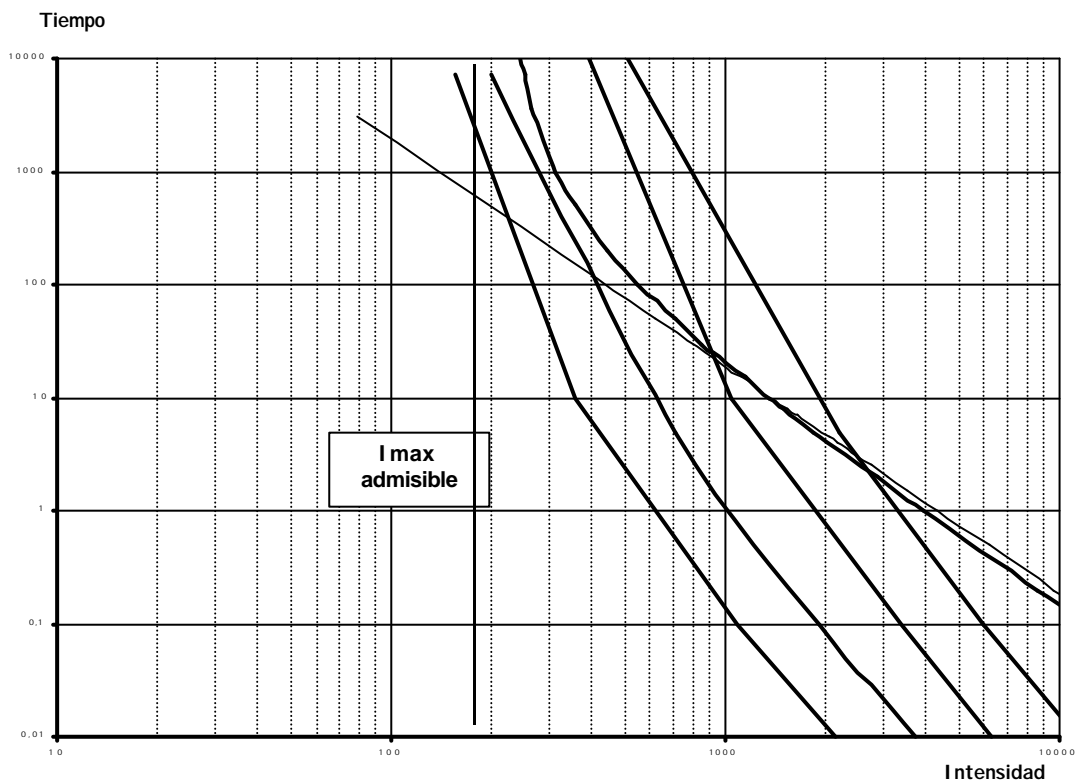


Ilustración 5 Respuesta térmica conductor 50 mm²

Véase el **Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT**

5.1.3 La potencia del transformador

Este criterio determina el calibre máximo del fusible que se puede instalar en una salida de BT del CT.

Se tomará la intensidad nominal del transformador, en sus condiciones habituales de explotación y se elegirá el calibre del fusible inmediato superior. El fusible elegido permite la plena explotación del transformador.

Calibre fusible > Intensidad Nominal en BT

Potencia Transformador (kVA)	Valores en BT				
	Intensidad Nominal (A)	Fusible tipo gG			
		Calibre	I. Máxima 0,1seg. (A)	Tiempo máximo para $I_{cc}3f$ (seg.)	
U>24 kV	U<24kV				
50	72	80	1100	0,03	0,02
100	144	160	2590	0,04	0,03
160	230	250	4500	0,06	0,04
250	360	400	8060	0,1	0,07
400	577	630	14140	0,2	0,1
630	909	1000	24000	0,2	0,4
1000	1443	1600	Sin determinar	0,8 aprox.	0,8 aprox.

Tabla 12 Calibre fusible : potencia transformador

En la tabla superior, se indica el tiempo máximo de fusión del fusible instalado en BT, del tipo "gG", para la corriente máxima de cortocircuito trifásico, en dos rangos de nivel de tensión AT. El valor de la intensidad para 0,1 segundo, es el máximo que se puede encontrar en la respuesta corriente/tiempo de los fusibles de este tipo (ver apartado 6), y servirá como referencia para determinar la selectividad frente al fusible o protección instalados en el lado AT.

Instalar un fusible en la BT de mayor calibre que el indicado, implica:

- 1º La no-selectividad con el fusible de AT. El fusible instalado en BT tiene su zona de actuación dentro de la misma zona que el fusible de AT, o la supera, llegando a fundir antes el fusible de AT
- 2º La zona de actuación del fusible de BT está por encima de la respuesta térmica del conductor. La eliminación del defecto solo la puede efectuar el fusible instalado en el lado AT

En el siguiente ejemplo, se puede apreciar este criterio.

Se tiene un transformador de 100 kVA a una tensión de AT de 20 kV. En la parte de BT hay instalada una salida con cable subterráneo de 150 mm². La potencia de cortocircuito en AT es de 500 MVA.

En las ilustraciones siguientes, se muestra las curvas de respuesta de los diferentes elementos involucrados.

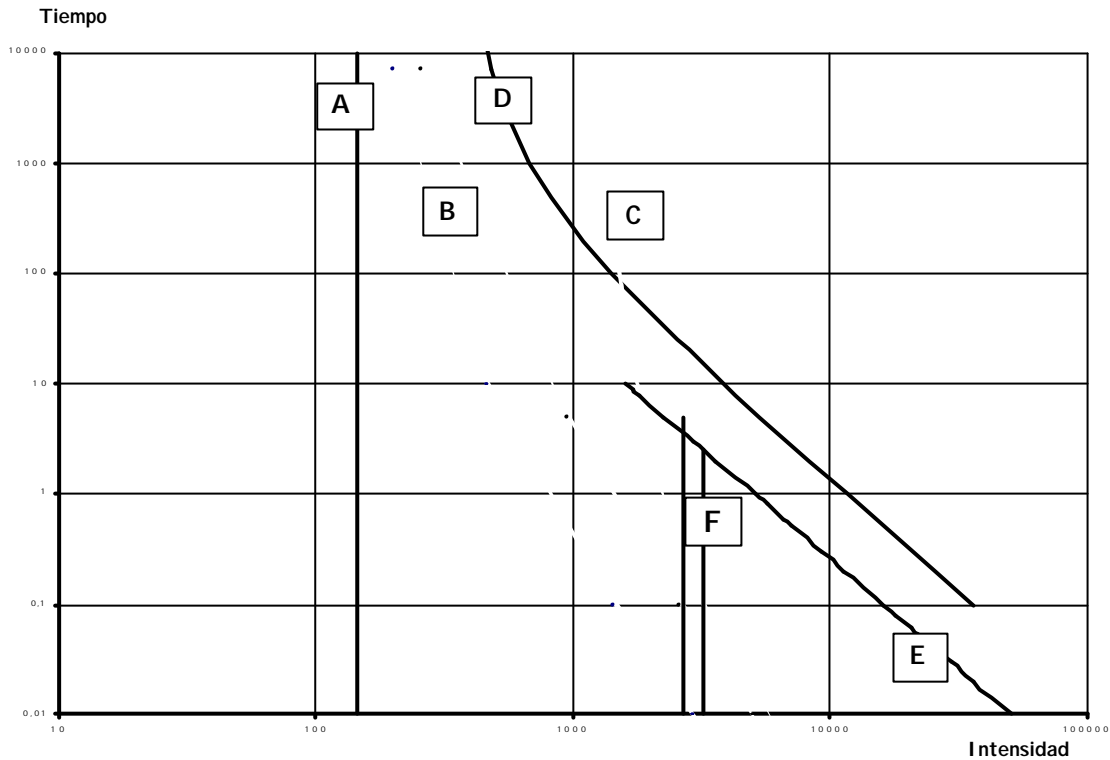


Ilustración 6 Gráfica de selectividad (primera)

La intensidad nominal del transformador es de 144 A en BT (2,89 A en lado de AT), representada con la letra A

El fusible en el lado BT es de 160 A; el máximo indicado por la potencia del transformador. Su curva de actuación se muestra con la letra B.

El fusible que se instala en el lado AT es de 10 A. Este fusible funde antes de 2 segundos para la corriente máxima de cortocircuito en BT . Su curva media de actuación se muestra con la letra C.

La respuesta térmica del conductor en régimen no adiabático viene representada con la letra D.

La respuesta térmica del transformador en del tipo τ t (adiabático) viene representada con la letra E.

La corriente máxima de cortocircuito en BT (3590 A) (ver *Tabla 8 Calibre fusible : poder de corte (<24 kV)*) vienen representadas con la letra F.

Con estos datos, quedan garantizados los puntos siguientes :

- El transformador puede explotarse a pleno rendimiento sin ninguna restricción.
- El conductor queda protegido para cualquier tipo de defecto.
- El transformador queda protegido para cualquier tipo de defecto por su fusible de AT
- Hay selectividad entre el fusible instalado en el lado de BT y el instalado en el lado de AT; al menos hasta cortocircuitos de 3000 A.

Si atendiendo a la sección del conductor en vez de instalar el fusible de calibre 160 A en el lado BT, se instalase uno de calibre 250 A, representado en la siguiente ilustración con la letra B, (ver *Tabla 9 Calibre fusible : Intensidad nominal conductor*) ya no existiría selectividad con el fusible instalado en el lado AT.

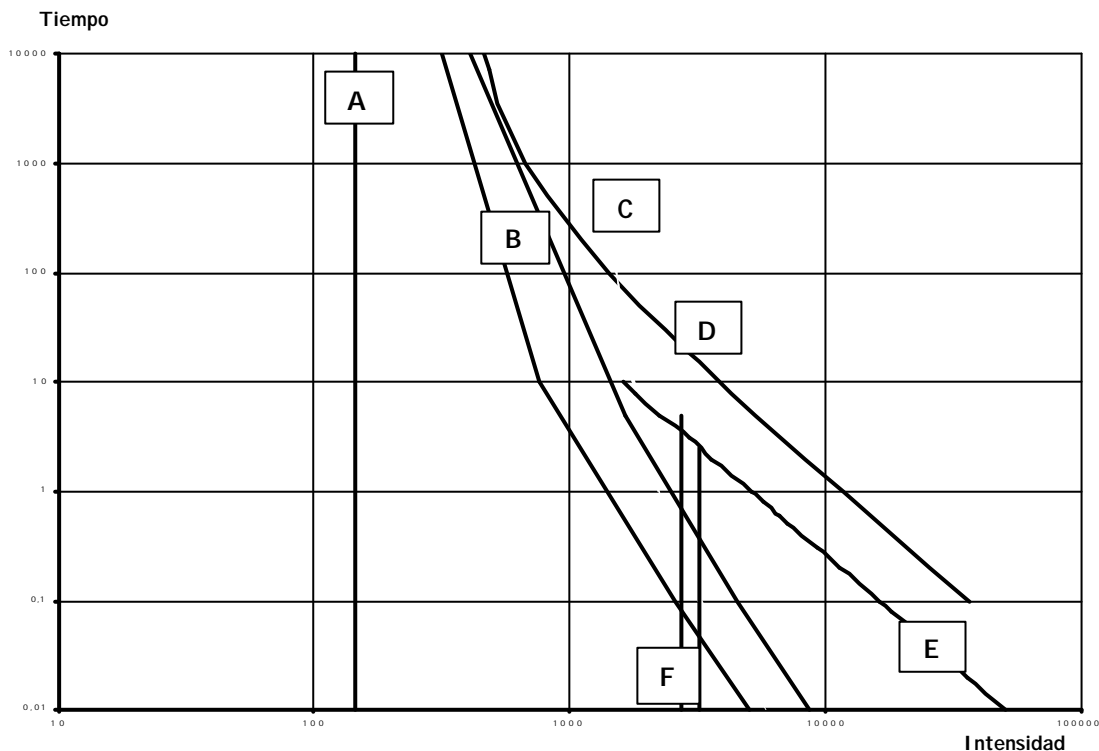


Ilustración 7 Gráfica de selectividad (segunda)

Como se puede observar, para cortocircuitos en bornes BT, no puede garantizarse que funda únicamente el fusible BT del transformador. Para cortocircuitos en BT superiores a 1900 A el fusible de AT quedaría dañado por sus características de "pre-arco"; alguno de sus elementos internos podría fundir, quedando a efectos prácticos con continuidad, pero modificada su característica de fusión para una próxima solicitud.

Véase el **Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT**

5.1.4 Ejemplo de elección del calibre de un fusible en una salida BT

Transformador

Grupo de conexión **D/U**

Sistema de refrigeración **ONAN**

Potencia **160 kVA**

Relación de tensiones **20.000/400 V**

Impedancia de cortocircuito **4 %**

Salida en BT

Tipo **RV unipolar, de Aluminio**

Sección **3x240 Al/150 Al**

La elección del calibre del fusible según los criterios expuestos será:

- 1) Intensidad nominal del conductor : Según la **Tabla 9**, el calibre sería de 315 A
- 2) Respuesta térmica del conductor : Según la **Tabla 10**, el calibre sería de 800 A
Según la **Tabla 11**, el calibre sería de 315 A
- 3) Potencia del transformador : según la **Tabla 12**, el calibre sería de 250 A

Según estos criterios y tomando el de menor valor, el calibre óptimo del fusible para esta salida BT será de 250 A.

NOTA : *El fusible de calibre de 250 A es inferior al que correspondería al cable de 240 Al, limitando su capacidad ya que su elección se ha condicionado a la potencia suministrada por el transformador, pero por contrapartida permite una mayor longitud protegida del conductor.*

6 CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES PARA BT DEL TIPO “gG”

Los datos referentes a los fusibles del tipo “gG” que se han utilizar en las anteriores apartados, se pueden obtener de la norma **UNE EN 60269/1**.

Se muestra un extracto de estas características:

Calibre	Características convencionales					Intensidades en tiempos de			
	Tiempo (horas)	Corriente No-fusión		Corriente Fusión		10s	5s	0,1s	
		factor	Valor	factor	Valor	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
63	1	1,25	79	1,6	100	160	320	450	820
80	2	1,25	100	1,6	128	215	425	610	1100
100	2	1,25	125	1,6	160	290	580	820	1450
125	2	1,25	156	1,6	200	355	715	1100	1910
160	2	1,25	200	1,6	256	460	950	1450	2590
200	3	1,25	250	1,6	320	610	1250	1910	3420
250	3	1,25	312	1,6	400	750	1650	2590	4500
315	3	1,25	394	1,6	504	1050	2200	3420	6000
400	3	1,25	500	1,6	640	1420	2840	4500	8060
500	4	1,25	625	1,6	800	1780	3800	6000	10600
630	4	1,25	787	1,6	1008	2200	5100	8060	14140
800	4	1,25	1000	1,6	1280	3060	7000	10600	19000
1000	4	1,25	1250	1,6	1600	4000	9500	14140	24000
1250	4	1,25	1562	1,6	2000	5000	13000	19000	35000

Tabla 13 Características fusibles tipo “gG”

7 LONGITUDES MÁXIMAS EN CONDUCTORES

Una vez obtenidos los calibres de las protecciones a implementar en los circuitos de salida, es posible determinar las longitudes máximas de dichos circuitos, según el criterio a utilizar.

A continuación se exponen los cálculos utilizando dos criterios igualmente válidos. El criterio de protección por fusibles que fundan en tiempo inferior a 5 segundos es más restrictivo y debería ser utilizado preferentemente en obra nueva y en zonas urbanas de alta densidad.

El criterio basado en la respuesta térmica del conductor permite longitudes de línea mayor y puede ser usado en zonas rurales.

7.1 Criterio de protección por fusibles con $t = 5$ segundos

El Reglamento de **Baja Tensión** determina que la duración máxima de un cortocircuito entre una fase y el neutro de un circuito, no debe ser superior a 5 segundos (*Instrucción Técnica Complementaria nº21, apartado 2.10*) Este cortocircuito se supone con una impedancia de defecto nula. Para dicho tiempo, se puede encontrar la intensidad de actuación de la protección instalada en la cabecera.

Con esta intensidad de actuación, se determina la longitud protegida del circuito, en la cual el tiempo de eliminación de cualquier tipo de cortocircuito no será a 5 segundos.

La sección del conductor de neutro es la misma ó inferior, según el caso, de los conductores de fases, de modo que para cortocircuitos entre fases, las corrientes resultantes serían como mínimo un 20% superiores a las calculadas para el cortocircuito entre fase y neutro; en consecuencia, la protección actuará en un tiempo inferior al exigido.

7.1.1 Proceso de cálculo

El desarrollo del proceso de cálculo empleado es el siguiente:

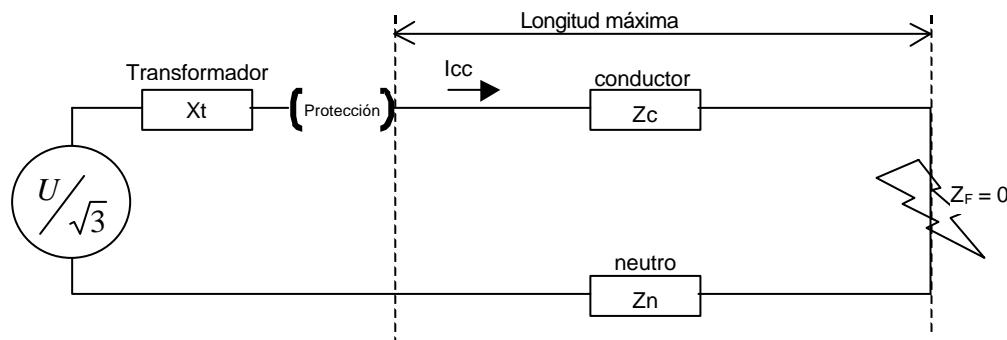


Ilustración 8 Esquema equivalente calculo de la longitud máxima

$L_{fases} = L_{neutro} = L$ representa la longitud máxima del conductor

$$Z = \frac{U/\sqrt{3}}{I_{cc}} = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(L \cdot r_f + L \cdot r_n)^2 + (L \cdot x_f + L \cdot x_n + x_T)^2}$$

$$\left(\frac{U}{I_{cc} \cdot \sqrt{3}} \right)^2 = (L \cdot r_f + L \cdot r_n)^2 + (L \cdot x_f + L \cdot x_n + x_T)^2$$

$$\left(\frac{U}{I_{cc} \cdot \sqrt{3}} \right)^2 = L^2 \cdot [(r_f + r_n)^2 + (x_f + x_n)^2] + 2 \cdot x_T \cdot L \cdot (x_f + x_n) + x_T^2$$

$$L^2 \cdot [(r_f + r_n)^2 + (x_f + x_n)^2] + L \cdot [2 \cdot x_T \cdot (x_f + x_n)] + \left[x_T^2 - \left(\frac{U}{I_{cc} \cdot \sqrt{3}} \right)^2 \right] = 0$$

$$\left. \begin{aligned} a \cdot L^2 + b \cdot L + c &= 0 \\ a &= (r_f + r_n)^2 + (x_f + x_n)^2 \\ b &= 2 \cdot x_T \cdot (x_f + x_n) \\ c &= x_T^2 - \left(\frac{U}{I_{cc} \cdot \sqrt{3}} \right)^2 \end{aligned} \right\} L = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

siendo :

$L \Rightarrow$ Longitud máxima del conductor, a calcular

$I_{cc} \Rightarrow$ Intensidad a la que actúa la protección en 5 segundos.

$r_f \Rightarrow$ Resistencia por unidad de longitud del conductor de fase, en ohm.

$x_f \Rightarrow$ Reactancia por unidad de longitud del conductor de fase, en ohm.

$r_n \Rightarrow$ Resistencia por unidad de longitud del conductor de neutro, en ohm.

$x_n \Rightarrow$ Reactancia por unidad de longitud del conductor de neutro, en ohm.

$x_T \Rightarrow$ Reactancia del transformador, calculada mediante

$$x_T = \frac{U_{cc}}{100} \cdot \frac{U^2}{S} \quad \text{en ohm.}$$

siendo

$U_{cc} \Rightarrow$ la tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento

$U \Rightarrow$ la tensión nominal del secundario, igual a 400 V

$S \Rightarrow$ la potencia del transformador, en VA

Se ha despreciado la inclusión de la impedancia del sistema. El error que se puede cometer es inferior al 1% del resultado final en las longitudes. De querer introducirla en el cálculo, se obtiene de:

siendo

$U \Rightarrow$ la tensión nominal del secundario, en V

$S_{cc} \Rightarrow$ la potencia de cortocircuito en bornes MT del transformador, en VA

El valor de X_s se sumaría al de X_T , o dicho de otra forma:

$$x_T = U^2 \cdot \left(\frac{U_{cc}}{100 \cdot S} + \frac{1}{S_{cc}} \right)$$

7.1.2 Longitudes máximas de conductor

En las siguientes tablas se detallan para cada tipo de conductor de salida, transformador, y tensión AT de dicho transformador, las longitudes máximas del conductor que se pueden instalar, considerando siempre una sección constante y el fusible de calibre máximo.

Tensión en AT del transformador > 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos								
Potencia Transformador (kVA)	Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm ²							
	50/50		95/50		150/95		240/150	
	fusible	Metros	fusible	Metros	fusible	Metros	fusible	Metros
50	80	389	80	510	80	874	80	1.256
100	125	235	160	225	160	383	160	548
160	125	242	200	175	250	217	250	309
250	125	245	200	182	250	233	315	241
400	125	247	200	185	250	242	315	259
630	125	248	200	187	250	247	315	269
1000	125	248	200	187	250	248	315	272

Tabla 14 Longitudes máximas en conductores subterráneos (AT > 24 kV)

Tensión en AT del transformador < 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos								
Potencia Transformador (kVA)	Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm ²							
	50/50		95/50		150/95		240/150	
	fusible	Metros	fusible	Metros	fusible	Metros	fusible	Metros
50	80	394	80	517	80	889	80	1.284
100	125	238	160	229	160	391	160	563
160	125	243	200	177	250	222	250	318
250	125	246	200	183	250	236	315	247
400	125	247	200	185	250	243	315	262
630	125	248	200	187	250	247	315	271
1000	125	248	200	187	250	248	315	272

Tabla 15 Longitudes máximas en conductores subterráneos (AT < 24 kV)

Tensión en AT del transformador > 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos						
Potencia Transformador en kVA	Conductores aéreos con neutro fiador, tipo RZ unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm²					
	3x50Al/54,6Alm		3x95 Al/54,6Alm		3x150 Al/80Alm	
	fusible	Metros	Fusible	Metros	fusible	Metros
50	80	392	80	516	80	745
100	125	237	160	227	160	327
160	125	244	200	177	250	186
250	125	247	200	184	250	198
400	125	249	200	187	250	205
630	125	250	200	189	250	208
1000	125	250	200	189	250	209

Tabla 16 Longitudes máximas en conductores aéreos con neutro fiador (AT > 24 kV)

Tensión en AT del transformador < 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos						
Potencia Transformador (kVA)	Conductores aéreos con neutro fiador, tipo RZ unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm²					
	3x50Al/54,6Alm		3x95 Al/54,6Alm		3x150 Al/80Alm	
	fusible	Metros	Fusible	Metros	fusible	Metros
50	80	397	80	523	80	757
100	125	240	160	231	160	334
160	125	245	200	179	250	190
250	125	248	200	185	250	200
400	125	249	200	188	250	206
630	125	250	200	189	250	209
1000	125	250	200	189	250	209

Tabla 17 Longitudes máximas en conductores aéreos con neutro fiador (AT < 24 kV)

Tensión en AT del transformador > 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos				
Potencia Transformador (kVA)	Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm²			
	2x16 Al		4x25 Al	
	fusible	Metros	fusible	Metros
50	80	135	80	214
100	125	60	160	94
160	125	46	200	54
250	125	47	200	56
400	125	48	200	57
630	125	48	200	58
1000	125	48	200	58

Tabla 18 Longitudes máximas en conductores aéreos (AT > 24 kV)

Tensión en AT del transformador < 24 kV. Datos para 20°C, tiempo 5 segundos				
Potencia Transformador (kVA)	Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio Secciones constantes f/n en mm²			
	2x16 Al		4x25 Al	
	fusible	Metros	Fusible	Metros
50	80	137	80	216
100	125	61	160	96
160	125	47	200	55
250	125	48	200	56
400	125	48	200	57
630	125	48	200	58
1000	125	48	200	58

Tabla 19 Longitudes máximas en conductores aéreos (AT < 24 kV)

Los datos que se muestran en las tablas anteriores hacen referencia a las características eléctricas de los conductores indicadas en el apartado 2 *Valores de los parámetros en el estudio*, del presente documento, para una temperatura ambiente de 20 °C.

Para temperaturas ambientes superiores, las longitudes máximas protegidas por los fusibles quedan reducidas porcentualmente, sin importar el nivel de tensión de AT del transformador ni su potencia; tal y como se indica en las tablas siguientes:

Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio	
Temperatura ambiente (°C)	Para todas las secciones (%)
21	99,6
25	98,0
30	96,1
35	94,3
40	92,5
45	90,8
50	89,2
55	87,6

Tabla 20 Factor compensación temperatura en conductores subterráneos

Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio			
Temperatura ambiente (°C)	Secciones f/n (mm²)		
	3x50Al/54,6Alm	3x95 Al/54,6Alm	3x150 Al/80Alm
	%	%	%
21	99,6	99,6	99,6
25	98,1	98,2	98,2
30	96,3	96,4	96,4
35	94,6	94,7	94,7
40	92,9	93,0	93,0
45	91,3	91,4	91,4
50	89,7	89,9	89,9
55	88,2	88,4	88,4

Tabla 21 Factor compensación temperatura en conductores aéreos

7.1.3 Utilización de calibres inferiores de fusibles.

En la práctica habitual, se encontrará algún caso en que es necesario aumentar la longitud del conductor, a fin de poder alcanzar el lugar de un nuevo suministro.

Una forma de incrementar la longitud de este conductor, continuando protegido por el fusible instalado en su cabecera, sería sustituir este fusible por otro de calibre inferior. En este caso, se debe de tener muy en cuenta la carga actual que soporta el conductor y si es factible, proceder a reducir el calibre del fusible de cabecera.

En las tablas siguientes, se muestran las longitudes que pueden alcanzar los diferentes conductores normalizados, en función de los diferentes calibres del fusible que puedan instalarse y de la potencia del transformador. Solo se expone el caso para tensiones AT inferiores a 24 kV. En el caso de que la tensión AT fuera mayor que 24 kV, se debería reducir estas distancias entre un 3% y un 5%.

Al igual que en los casos anteriores, los datos mostrados son para una temperatura media ambiente de 20 °C. Para otra temperatura ambiente, las longitudes indicadas quedarán reducidas porcentualmente por el factor de compensación de temperatura correspondiente.

Potencia Trafo kVA	Conduc. Aéreo, tipo RZ unipolar, de Al (f/n)					
	3x50Al/54,6Alm		3x95Al/54,6Alm		3x150Al/80Alm	
	fusible	L.max (m)	fusible	L.max (m)	fusible	L.max (m)
50	80	397	80	523	80	757
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
100	80	413	80	547	80	798
	125	240	125	316	125	459
	-	-	160	231	160	334
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
160	80	418	80	554	80	810
	125	245	125	324	125	473
	-	-	160	241	160	350
	-	-	200	179	200	260
	-	-	-	-	250	190
	-	-	-	-	-	-
250	80	420	80	557	80	817
	125	248	125	329	125	481
	-	-	160	246	160	359
	-	-	200	185	200	269
	-	-	-	-	250	200
	-	-	-	-	-	-
400	80	421	80	559	80	821
	125	249	125	331	125	485
	-	-	160	248	160	363
	-	-	200	188	200	274
	-	-	-	-	250	206
	-	-	-	-	-	-
630	80	422	80	561	80	824
	125	250	125	332	125	488
	-	-	160	250	160	366
	-	-	200	189	200	277
	-	-	-	-	250	209
	-	-	-	-	-	-
1000	80	422	80	561	80	824
	125	250	125	332	125	488
	-	-	160	250	160	366
	-	-	200	189	200	277
	-	-	-	-	250	209
	-	-	-	-	-	-

Tabla 22 Longitudes máximas en conductores aéreos. Varios calibres de fusibles

Potencia Trafo kVA	Conduc. Subter., tipo RV unipolar, de Al (f/n)							
	50/ 50		95/ 50		150/ 95		240/ 150	
	fusible	L.max (m)	fusible	L.max (m)	fusible	L.max (m)	fusible	L.max (m)
50	80	394	80	517	80	889	80	1284
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
100	80	410	80	541	80	943	80	1386
	125	238	125	312	125	540	125	784
	-	-	160	229	160	391	160	563
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
160	80	414	80	547	80	960	80	1420
	125	243	125	321	125	559	125	821
	-	-	160	238	160	413	160	603
	-	-	200	177	200	306	200	443
	-	-	-	-	250	222	250	318
	-	-	-	-	-	-	-	-
250	80	416	80	551	80	970	80	1439
	125	246	125	325	125	570	125	841
	-	-	160	243	160	424	160	624
	-	-	200	183	200	318	200	466
	-	-	-	-	250	236	250	343
	-	-	-	-	-	-	315	247
400	80	418	80	553	80	975	80	1451
	125	247	125	327	125	576	125	854
	-	-	160	245	160	431	160	638
	-	-	200	185	200	325	200	479
	-	-	-	-	250	243	250	358
	-	-	-	-	-	-	315	262
630	80	418	80	554	80	979	80	1459
	125	248	125	329	125	579	125	862
	-	-	160	247	160	435	160	645
	-	-	200	187	200	329	200	487
	-	-	-	-	250	247	250	366
	-	-	-	-	-	-	315	271
1000	80	418	80	554	80	979	80	1459
	125	248	125	329	125	580	125	863
	-	-	160	247	160	435	160	646
	-	-	200	187	200	329	200	488
	-	-	-	-	250	248	250	367
	-	-	-	-	-	-	315	272

Tabla 23 Longitudes máximas en conductores subterráneos. Varios calibres de fusibles.

7.1.4 Ejemplo del cálculo de la longitud máxima en un conductor

Se tiene el siguiente sistema para su explotación:

Transformador

Grupo de conexión **D/U**

Sistema de refrigeración del tipo **ONAN**

Potencia **400 kVA**

Relación de tensiones **25.000/400 V**

Impedancia de cortocircuito **4,5 %**

Salida en BT

Tipo **RZ unipolar, de Aluminio**

Sección **3x150 Al/80 Alm**

Longitud 180 metros

La elección del calibre del fusible para la salida BT descrita, según los criterios expuestos y para cada uno de ellos, será:

- 1) Intensidad nominal del conductor : Según la Tabla 9, el calibre será de 250 A
- 2) Respuesta térmica del conductor : Según la Tabla 10, el calibre será de 630 A
Según la Tabla 11, el calibre será de 250 A
- 3) Potencia del transformador : según la Tabla 12, el calibre será de 630 A

Según estos criterios y tomando el de menor valor, el calibre óptimo del fusible para esta salida BT y en esta explotación será de 250 A..

Según la tabla 13 ,la respuesta característica del fusible de 250 A a los 5 segundos funde con una intensidad de 1650 A.

Según la Tabla 16, en un transformador de **400 kVA** con un fusible en la salida **de 250 A**, para el conductor de **3x150Al/80 Alm** resultaría una longitud máxima de **205 metros** para una temperatura ambiente de 20 °C.

Si se considera una temperatura ambiental media de servicio estimada en 45 °C, el factor de compensación para este conductor de **3x150Al/80 Alm** según la Tabla 21 es de 91,4%, quedando una longitud máxima final de :

$$205 \text{ metros} \times 91,4\% = 187,4 \text{ metros}$$

Si la longitud del tendido del conductor es de 180 metros, queda protegido en toda su totalidad por el fusible de 250 A.

7.1.5 Longitudes máximas en conductores de diferente sección (Derivaciones)

Estos cálculos se basan en los mismos criterios tomados en el apartado *7-Longitudes máximas en conductores*, tanto en las intensidades como en el tiempo máximo de eliminación (5 segundos). Además de esto, en el cálculo se entiende que el conductor de las derivaciones será de inferior sección que el principal.

El proceso de se resume en los siguientes puntos :

- 1) La impedancia de un tramo de conductor es función de su longitud y de su impedancia característica por unidad de longitud
- 2) La impedancia máxima de una derivación debe ser igual a la diferencia entre la impedancia correspondiente del conductor principal hasta el punto de derivación y la longitud máxima protegida por el fusible de cabecera.

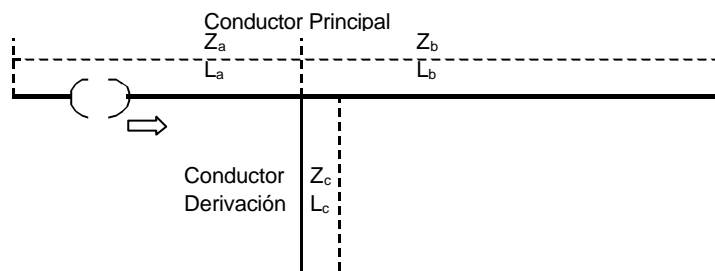


Ilustración 9 Esquema equivalente calculo de la longitud máxima en derivaciones

En donde:

L_a es la longitud desde cabecera hasta el punto en derivación del conductor principal

L_b es la longitud desde el punto en derivación hasta el final del conductor principal

$L_{max}=L_a+L_b$ es la longitud máxima del conductor principal, protegida desde cabecera.

L_c es la longitud del conductor en derivación

Z_a es la impedancia desde cabecera hasta el punto en derivación del conductor principal

Z_b es la impedancia desde el punto en derivación hasta el final del conductor principal

Z_a+Z_b es la impedancia total del conductor principal y que corresponde a la de la longitud máxima protegida desde cabecera

Z_{ucp} es la impedancia por unidad de longitud del conductor principal

Z_{ucd} es la impedancia por unidad de longitud del conductor en derivación

Se tiene que cumplir que $Z_b \geq Z_c$

Por lo que $L_b \times Z_{ucp} \geq L_c \times Z_{ucd}$; y puesto que $L_b = L_{max} - L_a$

Resulta
$$L_c \leq (L_{max} - L_a) \times \frac{Z_{ucp}}{Z_{ucd}}$$

El factor de derivación $\frac{Z_{ucp}}{Z_{ucd}}$, es una constante que no varía con la longitud, y que solo depende de la relación de impedancias del conductor principal y el conductor en derivación.

Generalmente, esta relación resulta menor que la unidad, ya que el conductor en derivación suele ser de sección inferior a la del principal, por lo que la impedancia unitaria del conductor en derivación será mayor que la del conductor principal.

En las tablas siguientes se muestran los factores de derivación para los diferentes conductores normalizados por ENDESA. Los valores expuestos se han considerado independientes de la temperatura de servicio; la desviación producida por la variación de temperatura es mínima, se aprecia a partir del tercer decimal.

Factores de derivación en Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio				
Conductor en derivación	Conductor principal f/n			
	50/50	95/50	150/95	240/150
50	1,00	0,75	0,43	0,29
95	-	1,00	0,56	0,38
150	-	-	1,00	0,67
240	-	-	-	1,00

Tabla 24 Factores derivación en Conductores Subterráneos

Factores de derivación en Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio					
Conductor en Derivación	Conductor principal f/n				
	2x16 Al	4x25 Al	3x50Al/54,6Alm	3x95Al/54,6Alm	3x150Al/80Alm
2x16 Al	1,00	0,63	0,33	0,25	0,17
4x25 Al	-	1,00	0,53	0,40	0,27
3x50Al/54,6Alm	-	-	1,00	0,75	0,51
3x95Al/54,6Alm	-	-	-	1,00	0,68
3x150Al/80Alm	-	-	-	-	1,00

Tabla 25 Factores derivación en Conductores aéreos

Factores de derivación entre Conductores aéreos, tipo RZ unipolar, Aluminio Y Conductores Subterráneos, tipo RV unipolar, Aluminio			
Conductor subterráneo en derivación	Conductor aéreo principal f/n		
	3x50Al/54,6Alm	3x95Al/54,6Alm	3x150Al/80Alm
50	0,987	0,742	0,504
95	-	0,983	0,668
150	-	-	1,183 (*)
240	-	-	-

Tabla 26 Factores derivación entre Conductores subterráneos y aéreos

(*) **NOTA** : Es mayor que la unidad por la diferencia de impedancias del conductor de neutro entre el Aluminio y el Almelec

7.1.6 Ejemplo del cálculo de la longitud máxima de una derivación

Se toma como referencia de partida el ejemplo expuesto en el apartado 7.1.4 Ejemplo del cálculo de la longitud máxima en un conductor.

Derivación

Tipo **RZ unipolar, de Aluminio**

Sección **4x25 Al**

Punto de la derivación 65 metros de cabecera

Longitud 28 metros (15 metros desde derivación línea hasta amarre postecillo mas 13 metros hasta fusibles protección cliente)

- 1) En el ejemplo anterior, se determinó que la longitud máxima del conductor principal para la temperatura ambiente media de 45 °C, es de 187,4 metros.
- 2) Si el punto para la derivación se encuentra a 65 metros del origen del conductor principal, restaría una distancia de

$$187,4 \text{ metros} - 65 \text{ metros} = 122,4 \text{ metros}$$

- 3) Según la Tabla 25, el factor de derivación entre los conductores de **3x150Al/80Alm** y el de **4x25 Al**, es de **0,27**
- 4) La longitud máxima de la derivación de 4x25 sería pues de

$$0,27 \times 122,4 \text{ metros} = 33 \text{ metros}$$

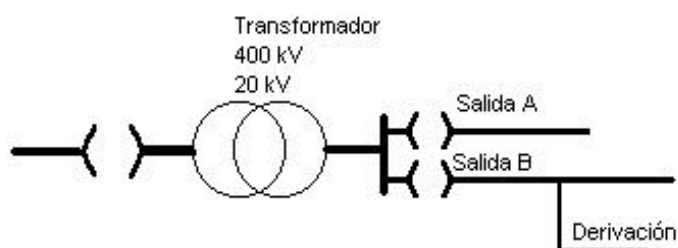
- 5) Como la longitud final de la acometida sería de 28 metros, esta quedaría protegida en su totalidad por los fusibles de cabecera.

7.1.7 Ejemplos de aplicación

El presente estudio se resume en este apartado: caso práctico de elección del calibre de protecciones en los niveles de AT y BT, para el siguiente centro de transformación:

Características

Esquema



Red

Tensión nominal **20 kV**

Potencia de cortocircuito trifásico en AT transformador **300 MVA**

Tensión asignada al material: **serie 12/20 kV (24 kV)**

Instalación

En habitáculo cerrado, sobre la superficie del terreno.

Temperatura media del ambiente 40 °C.

Transformador

Grupo de conexión **D/U**

Sistema de refrigeración del tipo **ONAN**

Potencia **400 kVA**

Relación de tensiones **20.000/400 V**

Impedancia de cortocircuito **4 %**

Salidas en BT

Dos salidas; una de ellas con derivación.

Características según tabla de valores estandarizados.

Salida A con conductor tipo aéreo

Tipo **RZ unipolar, de Aluminio**

Sección **3x95 Al/54,6 Alm**

Longitud 150 m

Salida B con conductor tipo subterráneo

Tipo **RV unipolar, de Aluminio**

Sección **3x150 Al / 95 Al.**

Longitud 190 m

Derivación de la salida B, con conductor tipo subterráneo

Tipo **RV unipolar, de Aluminio**

Sección **3x50 Al / 50 Al.**

Punto de derivación a 125 m del origen según la traza del conductor principal

Longitud de la derivación: 35 m

Cálculos

Valores Nominales para el proceso de cálculo

	AT	BT
Tensión nominal	20000 V	400 V
Intensidad nominal	11,55 A	577,35 A

Intensidad máxima de cortocircuito en bornes de AT: 8700 A (con $S_{cc}=300$ MVA)

Intensidades de cortocircuito en bornes de BT del transformador, para una $S_{cc}=300$ MVA en AT

Tipo Cortocircuito	Referencia AT (conductores) (A)	Referencia BT (conductores) (A)	Tipo relación
lcc3f	279	13968	Transformación : 20000/400
lcc2f	280 / 140	12096	$20000/2 \cdot (400/\sqrt{3}) / 20000/(400/\sqrt{3})$
lcc1f	163	14120	Espiras : $20000/(400/\sqrt{3})$

Calibre máximo del fusible de BT

Según los puntos descritos, el calibre máximo del fusible BT a implantar en este centro de transformación sería de 630 A.

Calibre máximo de los fusibles de los conductores. Longitudes máximas

El calibre del fusible tipo "gG" de las salidas, se escogerá por el criterio de la intensidad nominal del propio cable, ya que es éste criterio que determina el calibre menor, siendo los siguientes:

Tipo Conductor	RZ unipolar, de Aluminio	RV unipolar, de Aluminio
Sección Conductor	3x95 Al/54,6 Alm	3x150 Al / 95 Al
Calibre fusible	200 A	250 A

Conocidos los fusibles a instalar en los conductores de salida consultando las tablas, se obtiene que las longitudes máximas protegidas son:

Tipo Conductor	RZ unipolar, de Aluminio	RV unipolar, de Aluminio
Sección Conductor	3x95 Al/54,6 Alm	3x150 Al / 95 Al
Fusible instalado	200 A	250 A
Intensidad a 5 segundos	1250 A (Ver tabla 13)	1650 A (Ver tabla 13)
Longitud máxima a 20° C	188 m (Ver tabla 17)	243 m (Ver tabla 17)
Longitud máxima a 40° C	175 m (188x0,93 ver tabla21)	225 m (243x0,925 ver tabla 20)
Longitud instalación	150 m	190 m

Por los datos obtenidos, queda garantizada la protección en toda la longitud de los conductores.

Longitud de la derivación

La longitud real del conductor de la salida B, conductor principal, es de 190 m, siendo 225 m la longitud máxima protegida. El punto en derivación se encuentra a 125 m desde el origen del conductor principal; esto da una longitud restante de protección de:

$$225 - 125 = 100 \text{ m}$$

para la misma sección de conductor. Ahora bien, el factor de reducción entre el conductor principal 3x150/95 Al, y el conductor en derivación 3x50/50 Al, es de 0,43 (ver *Tabla 24 Factores derivación en Conductores Subterráneos*), por lo que la longitud máxima del conductor de derivación será de:

$$0,43 \times 100 = 43 \text{ m}$$

Como la longitud del conductor en derivación es de 35 m, la derivación queda protegida por el fusible de cabecera.

7.2 Criterio de la respuesta termica del conductor

7.2.1 Protección contra sobrecargas

Intensidades admisibles en los conductores de los cables de Al con aislamiento de XLPE (según normas GE BNL001 y GE CNL001).

Sección mm ²	CABLES SUBTERRANEOS			TRENZADOS
	ENTERRADOS		AL AIRE	
	I _n	0,8 I _n (entubado)		
50	180	144	140	150
95	260	208	240	230
150	330	264	300	305
240	430	344	420	-

Tabla 27 Intensidades máximas admisibles en servicio permanente

Para los cálculos, se contemplan los siguientes valores:

Sección mm ²	SUBTERRANEOS	AEREOS
	ENTERRADOS O AL AIRE	TRENZADOS
50	140	150
95	205	230
150	260	305
240	340	-

Tabla 28 Intensidades máximas admisibles en los calculos

Las características de los fusibles (gG) son:

$$\text{Para } 400 > I_n > 100 \text{ A} \quad \left| \begin{array}{l} - I_{\text{no fusión}} = 1.25 I_{\text{fusible}} \\ - I_{\text{fusión}} = 1,6 I_{\text{fusible}} \end{array} \right.$$

$$I_{\text{no fusión}} = 1.2 I_a \text{ (se admite un 20\% de sobrecarga).}$$

$$I_{\text{no fusión}} = 1.2 I_n \text{ (característica del fusible).}$$

De lo que se deduce: $I_{\text{fusible}} = 0,96 I_a$

Aplicando la fórmula a los valores de la tabla 28 y redondeando a los calibres normalizados de fusibles se obtiene el calibre máximo a utilizar que es :

Sección mm ²	ENTERRADOS O AL AIRE	TRENZADOS
50	125	125
95	200	200
150	250	250
240	315	-

Tabla 29 Calibre de fusibles normalizados a utilizar según sección del conductor

7.2.2 Protección contra cortocircuitos

Una vez determinados los fusibles para proteger la línea contra sobrecarga, se calcula la distancia máxima protegida por los mismos cuando se produce un cortocircuito.

Sobre la característica de fusión de los fusibles se dibujan las curvas de máxima intensidad soportada por el conductor en función del tiempo, que viene dada por la expresión:

$$I_{\max} = K \frac{S}{\sqrt{t}}$$

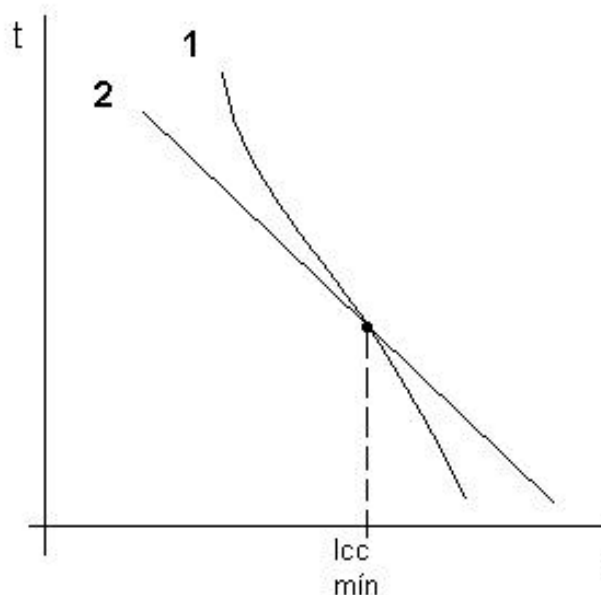
Siendo:

S = sección en mm².

t = tiempo en segundos.

K = coeficiente = 87 (Al + PRC)

K = coeficiente = 115 (Cu + PVC)



1 - Característica de fusión el fusible

2 - I_{\max} admisible por el conductor

Si la intensidad de cortocircuito es menor que $I_{cc \text{ mín}}$, se quemará el cable antes de que funda el fusible.

A medida que aumenta la longitud de la línea, disminuye la corriente de cortocircuito. Por tanto, el valor de $I_{cc \text{ min}}$ limitará la longitud de la línea para garantizar el despeje de una falta al final de la misma.

Con los resultados obtenidos en la gráfica de los fusibles gG, se construye la tabla siguiente:

SECCIÓN mm ²	CALIBRE FUSIBLES			
	125	200	250	315
4 x 50	260	-	-	-
3 x 95 + 1 x 50	-	635	-	-
3 x 150 + 1 x 95	-	-	620	-
3 x 240 + 1 x 150	-	-	-	725

Tabla 30 Intensidades mínimas de cortocircuito utilizando las curvas características del cable y fusibles

7.2.3 Longitud máxima protegida

Se determinará por la fórmula simplificada (Norma CEI) para un cortocircuito fase-neutro. Este es el más desfavorable por ser normalmente el conductor de neutro de menos sección que el de fase.

$$L = \frac{0,8 \times U}{(R_f + R_n) I_{ccmin}} \quad (1)$$

Siendo:

L = Longitud (km)

U = Tensión simple (V)

R_f = Resistencia conductor de fase (ohmios/km)

R_n = Idem conductor neutro

I_{ccmin} = Intensidad de cortocircuito mínima

Se supone que en caso de cortocircuito la tensión en el cuadro de baja se reduce hasta un 80 % de la tensión nominal.

Las características de impedancia de los conductores de Al a 150° C (temperatura media durante el cortocircuito) son las siguientes:

Sección	150° C	20° C
Al 50 mm ²	0,977 Ohm/km	0,641 Ohm/km
Al 95 mm ²	0,488 Ohm/km	0,320 Ohm/km
Al 150 mm ²	0,314 Ohm/km	0,206 Ohm/km
Al 240 mm ²	0,186 Ohm/km	0,122 Ohm/km
Alm 54,6 mm ²	0,925 Ohm/km	0,630 Ohm/km
Alm 80 mm ²	0,631 Ohm/km	0,430 Ohm/km

Tabla 31 Resistencia de los conductores en función de la temperatura

RED SUBTERRANEA	R_f + R_n Ohm/km
4 x 50 Al	1,95
3 x 95 Al + 1 x 50 Al	1,46
3 x 150 Al + 1 x 95 Al	0,802
3 x 240 Al + 1 x 150 Al	0,5
RED TRENZADA	R_f + R_n Ohm/km
3 x 50 Al + 1 x 54.6 Alm	1,90
3 x 95 Al + 1 x 54,6 Alm	1,41
3 x 150 Al + 1 x 80 Alm	0,945

Tabla 32 Impedancia del Bucle en los conductores en función de la temperatura

Tomando $U = 230$ V y aplicando la fórmula (1) anterior se construye la siguiente tabla:

Sección mm² (fase)	Calibre fusible	RED SUBTERRANEA (m)	RED TRENZADA (m)
50	125	363	372
95	200	198	205
150	250	370	314
240	315	508	-

Tabla 33 Longitudes máximas protegidas

7.2.4 Longitudes máximas limitadas por caída de tensión (c.d.t.)

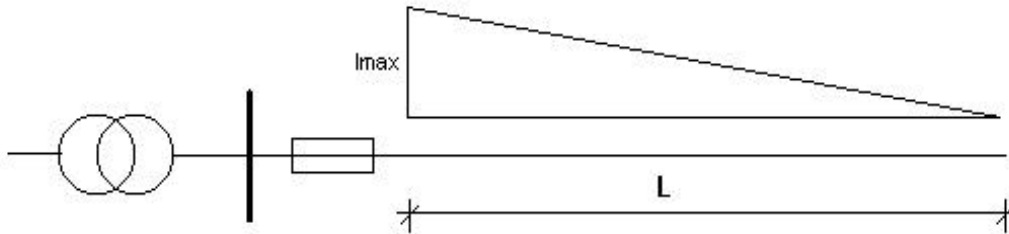
En la Tabla 33 quedan determinadas, en función de la sección y los calibres de los fusibles, las longitudes máximas de red, para la adecuada protección contra sobrecarga y cortocircuito.

A continuación se contrastarán las limitaciones de longitud para protección contra cortocircuito, con las limitaciones impuestas por máxima c.d.t.

Zona urbana

Se parte de las siguientes hipótesis:

- Que se desea utilizar al máximo la red, con lo cual el cable deberá poder funcionar con la carga máxima sin problemas de c.d.t.
- Que la carga se halla uniformemente distribuida (hipótesis razonable en zona urbana)



La c.d.t. se determinará por la fórmula siguiente:

$$u = \frac{\sqrt{3} \times I_{max} \times r_u \times L}{2 \times 1000} \text{ (V)}$$

y la longitud según:

$$L = \frac{2000 \times u}{\sqrt{3} \times I_{max} \times r_u} \text{ (m)}$$

Siendo:

u = c.d.t. máxima (V)

I_{max} = Intensidad máxima (A)

r_u = Resistencia unitaria (Omh/km)

L = Longitud (m)

Aplicando la fórmula anterior se construye la tabla siguiente, para $V_n = 400$ V, c.d.t. = 5%

Sección mm ² (fase)	I_{max} (A)	Potencia (kW) (Cos = 0.8)	L_{max} (c.d.t.)	L_{max} (cortocircuito)
50	125	66	257	363
95	200	105	321	198
150	250	132	402	370
240	315	166	535	508

Tabla 34 Longitud máxima por c.d.t. (red subterránea)

Sección mm ² (fase)	I_{max} (A)	Potencia (kW) (Cos = 0.8)	L_{max} (c.d.t.)	L_{max} (cortocircuito)
50	125	66	257	372
95	200	105	321	205
150	250	132	402	314

Tabla 35 Longitud máxima por c.d.t. (red trenzada)

Para la elaboración de las tablas 34 y 35 se han utilizado los valores de resistencia de Al a 50° C, considerada esta la temperatura media del conductor.

Sección mm ²	R a 50° C (Omh/km)
50	0,72
95	0,36
150	0,23
240	0,137

Del análisis de la tabla anterior se deduce que si una línea urbana está racionalmente dimensionada, la longitud de protección contra cortocircuito no es necesariamente restrictiva frente a las limitaciones por c.d.t.

Si comparamos el resultado de aplicar este criterio con el de fusión en tiempo inferior a 5 segundos (tablas 14 y 15), observaremos que las longitudes máximas protegidas que nos permite son aproximadamente un 50% mayores.

En zonas urbanas densamente pobladas donde la longitud de las redes es necesariamente corta es conveniente utilizar el primer criterio que ofrece la ventaja de una protección rápida ($t < 5$ seg) para corrientes de cortocircuito débiles (defectos resistivos). Ver apartado 5.1.2.

Zona rural

En el dimensionado de las secciones de las redes de baja tensión rurales predominan los criterios de c.d.t. frente a los de densidad de corriente dado que las longitudes de las líneas son elevadas y las densidades de carga son muy bajas.

Si en este tipo de redes se adopta el criterio para protección contra cortocircuito descrito para zonas urbanas en el apartado 7.2.4.1, el resultado podría ser una limitación innecesaria de la longitud de la red. (Valores descritos en Tabla 33),.

Para estos casos se propone la siguiente metodología de trabajo:

- Conocidas las características de la red: longitud máxima y cargas, dimensionar por caída de tensión (c.d.t.) la sección de la red (verificando la densidad de corriente). Este método es lógicamente válido para nuevas líneas, en caso de existentes se han de comprobar estos parámetros.
- Con la longitud máxima calculada anteriormente y la sección determinar según la Tablas 37 y 38 el calibre del fusible adecuado.

Del análisis de ambas tablas se deduce que en determinados casos la I_f del fusible a colocar está por debajo de la I_{max} admisible por el cable, lo que limitaría aparentemente la capacidad real del conductor. Como se muestra esta limitación está por encima de la impuesta previamente en el dimensionamiento por c.d.t. máxima (Tabla 39).

Tal como se explica en 7.2.2, la intensidad mínima de cortocircuito que resulta de aplicar la curva característica del cable y la de los fusibles es la mostrada en la tabla 36.

Sección mm ²	CALIBRE FUSIBLE				
	80	125	160	200	250
50	143	260	310	-	-
95	115	193	290	450	-
150	110	175	240	373	525

Tabla 36 Intensidad de cortocircuito mínima (A)

Aplicando la fórmula (1) con los valores de I_{cc} de la tabla 36 y para la impedancia del conductor de menor sección se obtiene:

Sección mm ² (fase)	CALIBRE FUSIBLE			
	80	125	160	200
50	677	-	-	-
95	915	501	421	-
150	1693	1009	671	433

Tabla 37 Longitud máxima protegida red trenzada (en m)

Sección mm ² (fase)	CALIBRE FUSIBLE				
	80	125	160	200	250
50	660	-	-	-	-
95	881	485	407	-	-
150	1995	1189	791	510	-
240	3345	2103	1533	987	701

Tabla 38 Longitud máxima protegida red subterránea (en m)

Al disminuir el calibre del fusible, para una misma sección, con el fin de aumentar la distancia protegida también se limita la capacidad del cable a la intensidad nominal del fusible colocado.

En la Tabla 39 se detallan las longitudes máximas, por c.d.t., para una carga igual a la I_n del fusible. Se han considerado dos hipótesis:

- Carga concentrada al final de la línea (primera cifra de la tabla).
- Carga uniformemente distribuida (segunda cifra).

Para $V_n = 400 \text{ V}$, c.d.t.=5%

Sección mm ²	CALIBRE FUSIBLE				
	80	125	160	200	250
50	200-400	-	-	-	-
95	401-802	257-514	200-400	-	-
150	628-1256	402-804	314-628	251-502	-
240	1054-2108	674-1348	527-1054	421-842	337-674

Tabla 39 Distancia máxima por c.d.t. (distancia en m)

De la comparación de las tablas 37 y 38 con la tabla 39, se deduce que la adopción de un fusible de calibre más reducido, en función de la distancia a proteger, no limita la capacidad del conductor en mayor medida en que lo hace el criterio de c.d.t.

Aunque teóricamente podría aplicarse este mismo criterio a las redes urbanas, no parece lógico que, dadas las densidades de carga en medios urbanos, se infrutilice excesivamente la capacidad de un cable por limitaciones de c.d.t.

8 CORRESPONDENCIA CON OTRAS PUBLICACIONES

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	EQUIVALENCIAS
GE BDZ001	CRITERIOS DE DISEÑO PARA LÍNEAS AÉREAS TRENZADAS DE BT, POSADAS SOBRE FACHADA.	-----
GE BNL001	CONDUCTORES DE ALUMINIO AISLADO, CABLEADOS EN HAZ PARA LÍNEAS AÉREAS DE BT	-----
GE CDL002	CRITERIOS DE DISEÑO DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE BT	-----
GE CNL001	CABLES UNIPOLARES PARA REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN, DE BT	-----
GE FND001	TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS PARA DISTRIBUCIÓN EN BT	-----
UNE 20460-4-43:1990	INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS. PROTECCION PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD. PROTECCION CONTRA LAS SOBREINTENSIDADES	-----
UNE 21239:1994	CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN SISTEMAS TRIFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA	CEI 909:1988 MOD (E) HD 533S1:1991 (E)
UNE 20110:1995	GUIA DE CARGA PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA SUMERGIDOS EN ACEITES.	CEI 354 CORRIGENDUM:1992 (E) CEI 354:1991 (E)
UNE 21103 (Apartados)	---	Véase UNE EN 60269 (Apartados)
UNE-EN 60269-1/A2:1998	FUSIBLES DE BAJA TENSIÓN. PARTE 1: REGLAS GENERALES.	CEI 60269-1:1986/A2:1995 MOD. (E) EN 60269-1/A2:1997 (I)
UNE-EN 60269-2/A1:1998	FUSIBLES DE BAJA TENSIÓN. PARTE 2: REGLAS SUPLEMENTARIAS PARA LOS FUSIBLES DESTINADOS A SER UTILIZADOS POR PERSONAS AUTORIZADAS (FUSIBLES PARA USOS PRINCIPALMENTE INDUSTRIALES).	CEI 60269-2:1986/A1:1995 MOD. (E) EN 60269-2/A1:1997 (I)
UNE-EN 60947-2/A1:1999	APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN. PARTE 2: INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.	CEI 60947-2:1995/A1:1997 (E) EN 60947-2/A1:1997 (I)
UNE 21192:1992	CALCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO TECNICAMENTE ADMISIBLES, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DEL CALENTAMIENTO NO ADIABATICO.	CEI 949:1988 (E)