

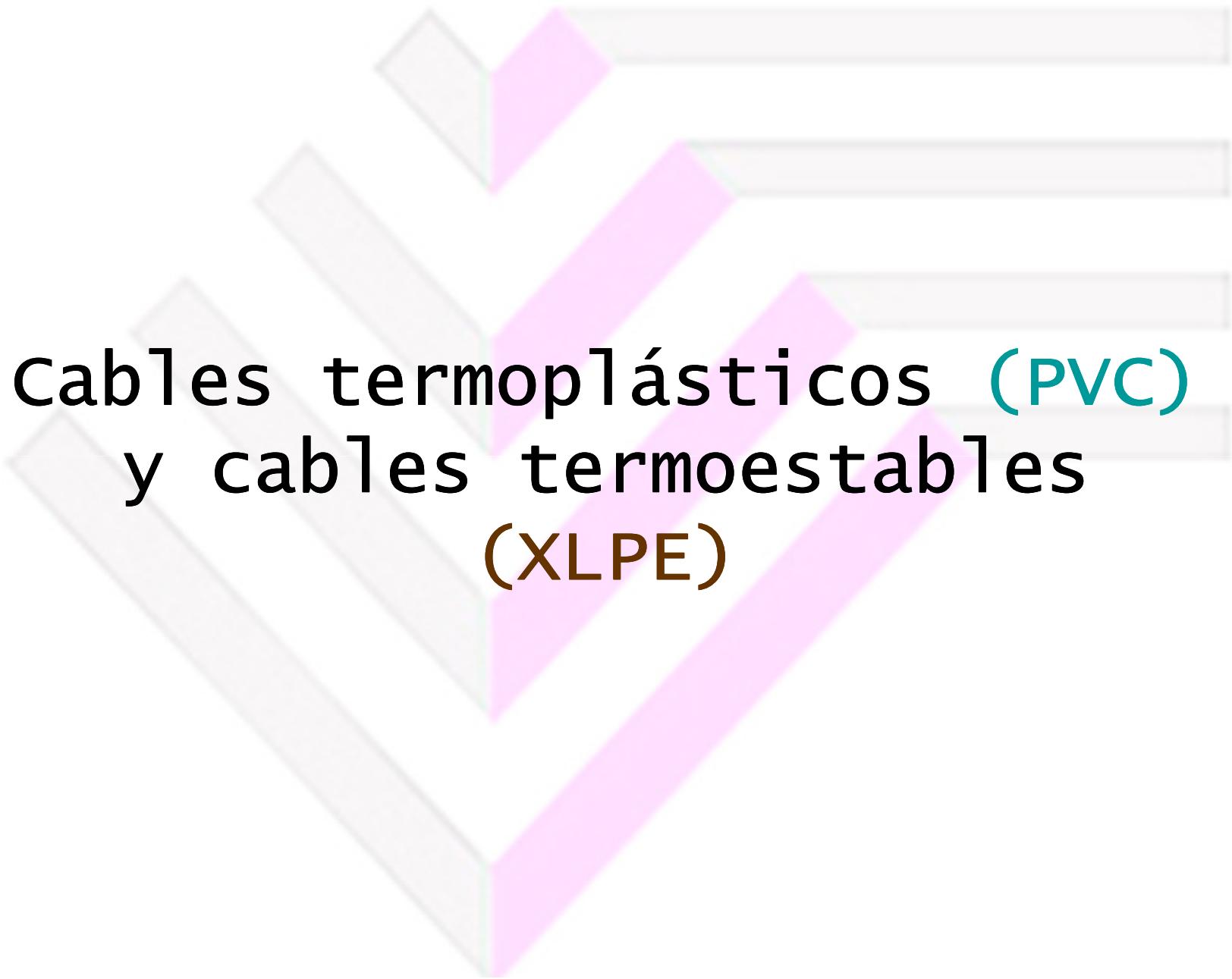
Algunos errores frecuentes en cálculos de líneas y elección de cables para BT

Lisardo Recio Maíllo



www.prysmian.es

1.- Errores en los cálculos



Cables termoplásticos (PVC) y cables termoestables (XLPE)

Cables termoplásticos (PVC) y cables termoestables (XLPE)

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento													
A1			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1					PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2				PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
D*		VER SIGUIENTE TABLA											
E							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
	mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174

Cables termoplásticos (PVC) y cables termoestables (XLPE)

	T máx. régimen permanente	T máx cortocircuito
Cables termoplásticos (PVC)	70 °C	160 °C
Cables termoestables (XLPE)	90 °C	250 °C

Un cable es termoplástico o termoestable en función de la temperatura que puede soportar su aislamiento y no en función de la composición de su aislamiento. Si un cable soporta 70 °C será termoplástico y se buscará su intensidad máxima admisible en la tabla correspondiente

Cables termoplásticos (PVC) y cables termoestables (XLPE)

Los cables termoplásticos (PVC) se caracterizan por la temperatura máxima que pueden alcanzar sus conductores (70 °C) y no por su composición (no tiene que ser necesariamente PVC). Por ejemplo, los cables Afumex Plus (H07Z1-K (AS)) se deben Buscar como PVC en las tablas pero, como sabemos, no tienen PVC en su aislamiento

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento									
A1			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2		
A2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2		
B1					PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2
B2					PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2
C					PVC3		PVC2	XLPE3	XLPE2
D*									
VER SIGUIENTE TABLA									
E					PVC3		PVC2	XLPE3	XLPE2
F						PVC3		PVC2	XLPE3
									XLPE2



Cables termoplásticos (PVC) y cables termoestables (XLPE)

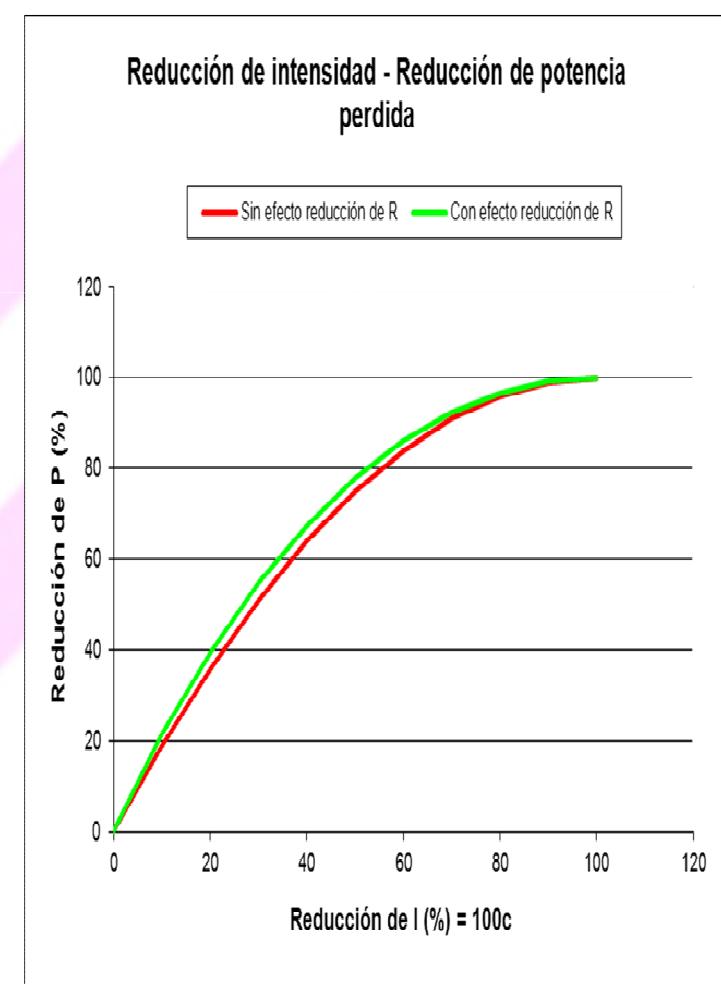
Aislamiento	Termoplástico (<u>tipo</u> PVC)	Termoestable (<u>tipo</u> XLPE)
T máx. en régimen permanente	70 °C	90 °C
T máx. en cortocircuito	160 °C	250 °C
Ejemplos más comunes	PVC	XLPE
	Poliolefinas Z1	EPR
		Silicona
Cables más usuales	H07V-K (Wirepol flexible)	RZ1-K (AS) (Afumex 1000 V (AS))
	H05VV-F (Wirepol Gas)	RV (Retenax Flam)
	H07Z1-K (Afumex 750 V (AS))	RV-K (Retenax Flex)
		RVFV (Retenax Flam F (armado flejes))
		AL XZ1 (AL Voltalene Flamex)
		AL RZ (AL Polirret)
		RZ (Polirret Fieriex)
		RZ1-K mica (AS+) (Afumex Firs (AS+))

Optimización de secciones: sección económica y ecológica

Sección económica y ecológica

Reducción de la potencia perdida en función de la reducción de la intensidad en la línea

$b =$ reducción de I (%)	$\Delta P =$ Reducción de potencia perdida aprox (%)	$\Delta P' =$ Reducción de potencia perdida con efecto de reducción de R (%)
0	0	0,00
10	19	21,37
20	36	39,54
30	51	54,84
40	64	67,54
50	75	77,88
60	84	86,07
70	91	92,26
80	96	96,59
90	99	99,15
100	100	100,00



¿Por qué la sección económica?



.- Ahorro de costes en un escenario de tarifas eléctricas crecientes



Sección ecológica



.- Ahorro de energía y emisiones de CO₂

Y además por aumentar la sección de conductor...

- .- Mayor vida útil de la línea al ir más descargada
- .- Mejor respuesta a fenómenos transitorios
- .- Posibilidad de ampliación de potencia sin cambiar el cable
- .- Reducción de la caída de tensión
- ...



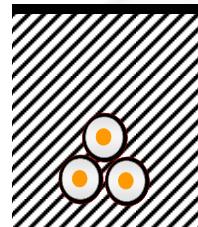
Tendidos enterrados

Tendidos enterrados

Comparativa de intensidades admisibles (instalaciones interiores o receptoras)

Antigua: ITC-BT 07 → $R_t = 1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$

Actual: UNE 20460-5-523 (2004) → $R_t = 2,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$



Reducción del
40 % de la I



Reducción del
25 % de la I

		Sección						
		10	25	50	70	95	150	240
Cu	Actual	58	96	138	170	202	260	336
	Antigua	96	160	230	280	335	425	550
Al	Actual	45	74	107	132	157	201	261
	Antigua	-	125	180	220	260	330	430

Tendidos enterrados

Evolución de los estándares de R_t

2002 → REBT 2002 → Resistividad terreno → 1 K·m/W

(Todas las instalaciones enterradas para BT)

(Actualmente sólo redes de distribución subterráneas para BT)

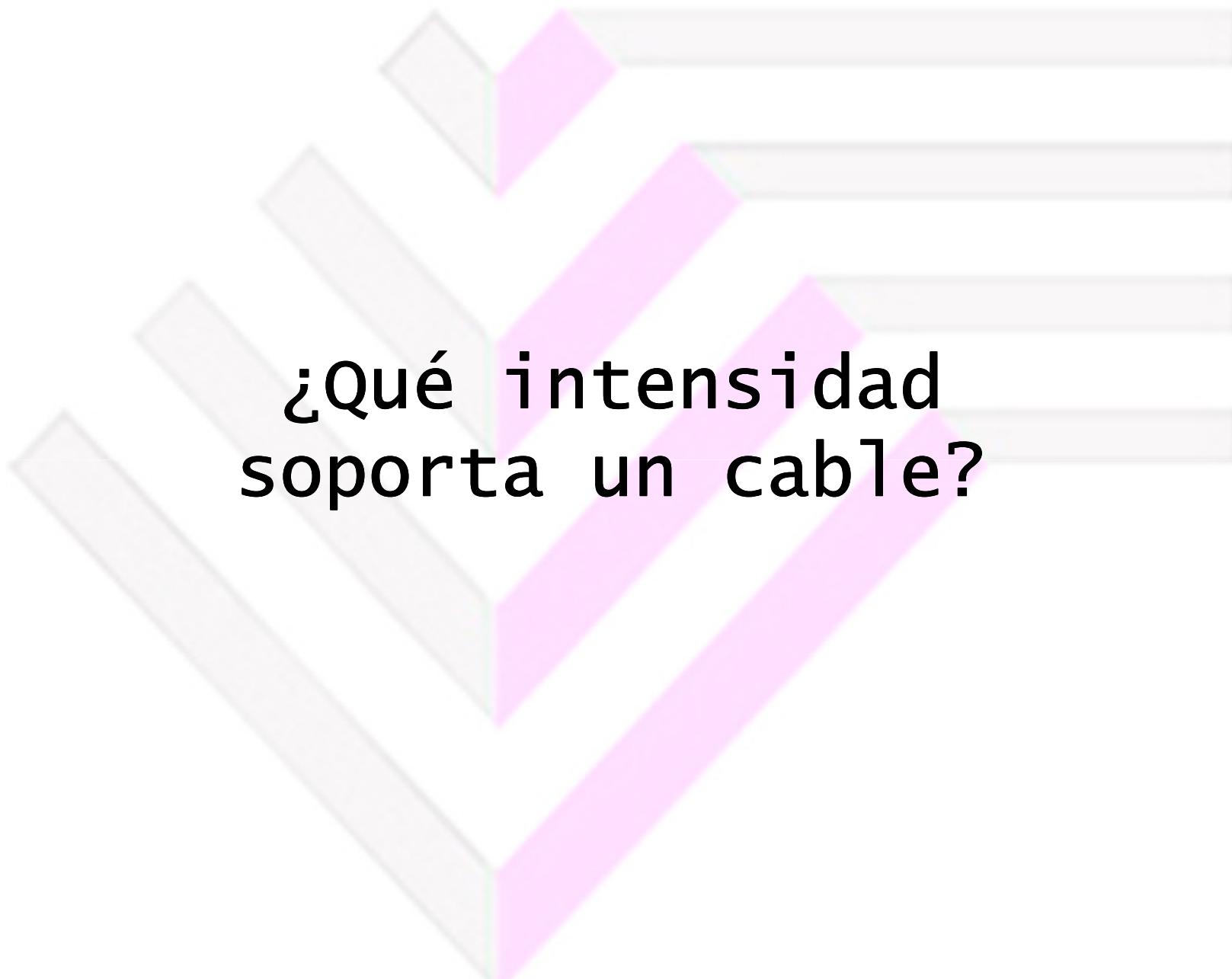
2004 → UNE 20460-5-523 → Resistividad terreno → 2,5 K·m/W

(Sólo instalaciones interiores o receptoras para BT enterradas)

2008 → RLAT → Resistividad terreno → 1,5 K·m/W

(Instalaciones enterradas para AT)

¡¡ 3 valores estándares de resistividad para los mismos terrenos en función del tipo de instalación !!

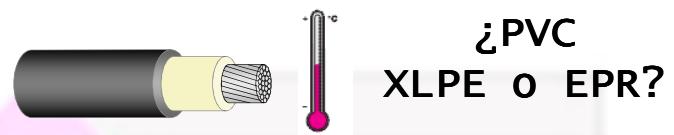


¿Qué intensidad
soporta un cable?

¿Qué intensidad soporta un cable?

Siempre depende del tipo de cable y las condiciones de instalación:

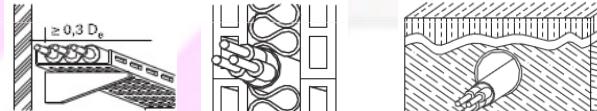
Cable termoplástico o termoestable



Monofásica o trifásica



Sistema de instalación



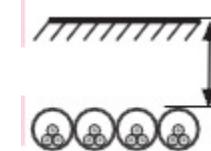
Agrupamiento con otros circuitos



Temperatura ambiente



Profundidad de soterramiento
(cables enterrados)



Resistividad térmica del terreno
(cables enterrados)

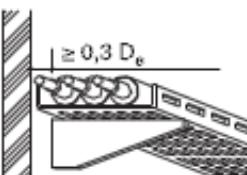
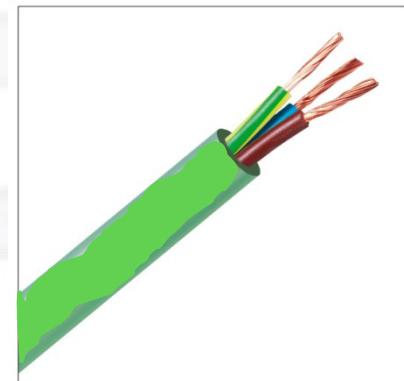


¿Qué intensidad soporta un cable?

Cable Afumex 1000 v (AS) de 3G16 mm² en condiciones estándar

En bandeja perforada

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

VER SIGUIENTE TABLA

A1	A2	PVC3		PVC2		XLPE3		XLPE2					
B1						PVC3	PVC2			XLPE3			XLPE2
B2						PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2		
C							PVC3		PVC2	XLPE3			XLPE2
D*													
E								PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2	
F								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110	

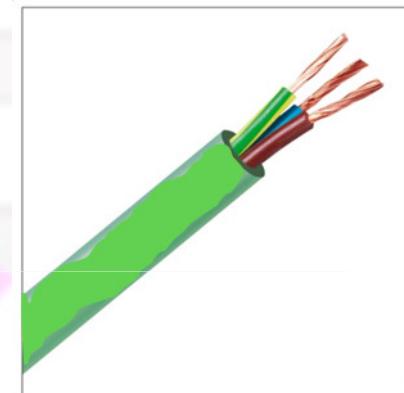
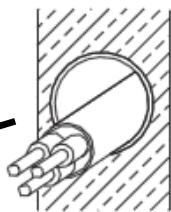
I máx. = 105 A

¿Qué intensidad soporta un cable?

Cable Afumex 1000 v (AS) de 3G16 mm² en condiciones estándar

Bajo tubo en pared de obra

		Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento												
A1		PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2									
A2		PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2									
B1			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B2			PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2								
C				PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2							
D*		VER SIGUIENTE TABLA												
E					PVC3	PVC2	XLPE3							
F					PVC3	PVC2	XLPE3							
		mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
		4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
		6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
		10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
		16	45	49	54	59	66	73		81	87	91	105	110



I máx. = 73 A

Aplicación de los coeficientes de corrección (tendencias incorrectas)

Aplicación de coeficientes de corrección

1.- No aplicar ningún coeficiente



2.- Aplicar siempre un 0,8



3.- Hacer cálculos y utilizar la sección superior a la obtenida



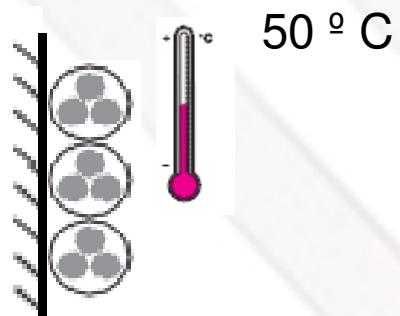
Aplicación de coeficientes de corrección

Algunas tendencias incorrectas:

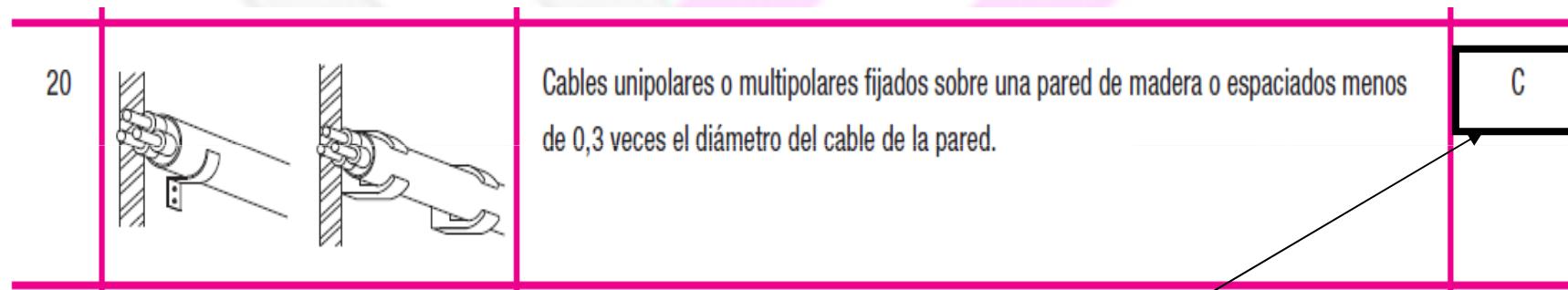
4.- Aplicar el coeficiente más bajo cuando la instalación está afectada por varios coeficientes



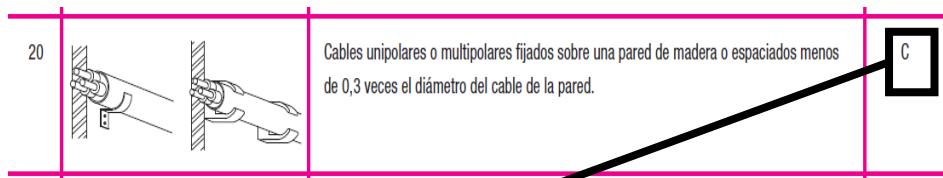
Cable multipolar RV-K (Retenax Flex) 5G10 grapado a la pared rodeado de otros 2 circuitos y en un ambiente de 50 °C



Aplicación de coeficientes de corrección



Sistema de instalación tipo C



Aplicación de coeficientes de corrección

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento													
A1		PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2								
A2		PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2								
B1			PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2					
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C			PVC3	PVC2	XLPE3			XLPE2					
D*													
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
	mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110

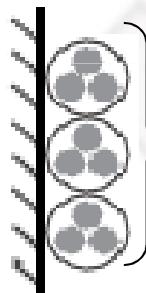
RV-K y trifásica

I = 60 A

El cable RV-K (Retenax Flex) de 5G10 soporta 60 A grapado a la pared cuando no tiene circuitos alrededor y la T amb = 40 °C

Aplicación de coeficientes de corrección

Coeficiente por agrupamiento

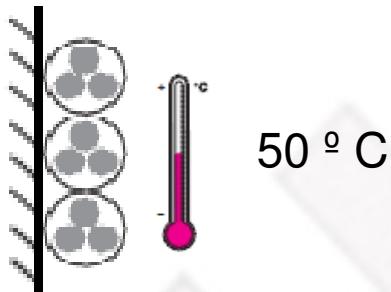


Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

$$K_{\text{agrup}} = 0,80$$

Aplicación de coeficientes de corrección

Coeficiente por temperatura ambiente



Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

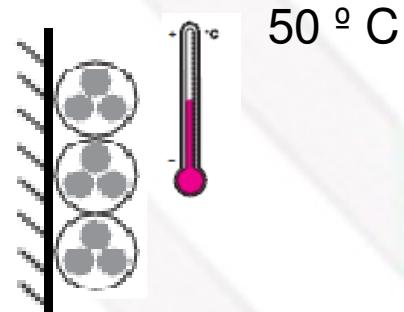


$$K_{T \text{ amb}} = 0,90$$

Aplicación de coeficientes de corrección

Por tanto, al tratarse de dos efectos conjuntos (agrupación y temperatura ambiente) es necesario aplicar ambos coeficientes y no sólo el más bajo

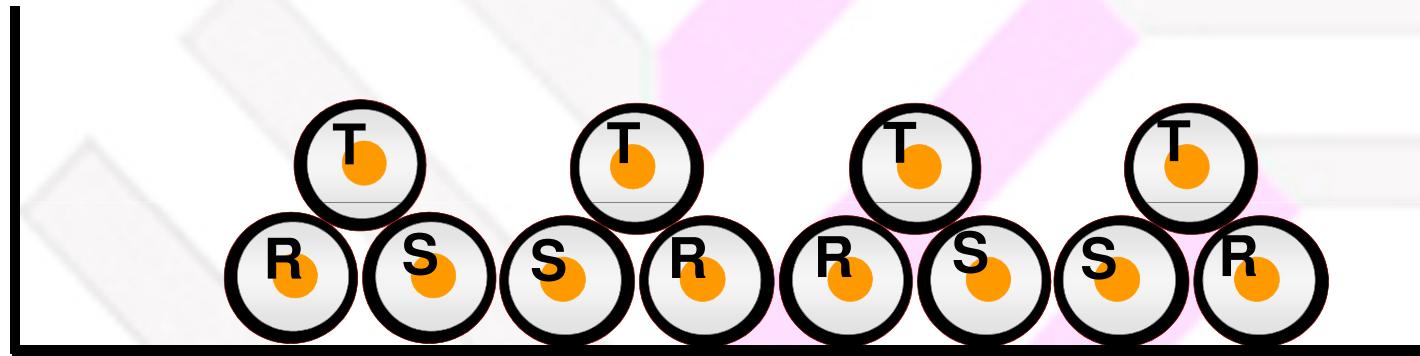
$$I' = I \cdot K_{\text{agrup}} \cdot K_{T \text{ amb}} = 60 \times 0,80 \times 0,90 = 43 \text{ A}$$



El cable RV-K (Retenax Flex) de 5G10 soporta 43 A grapado a la pared con dos circuitos en contacto y a $T_{\text{amb}} = 50 \text{ °C}$

Aplicación de coeficientes de corrección

- 5.- No aplicar coeficiente por agrupamientos en circuitos con varios conductores por fase



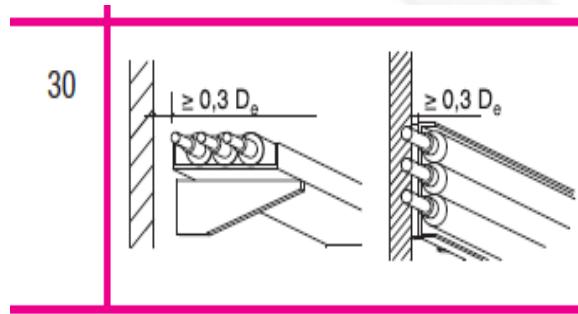
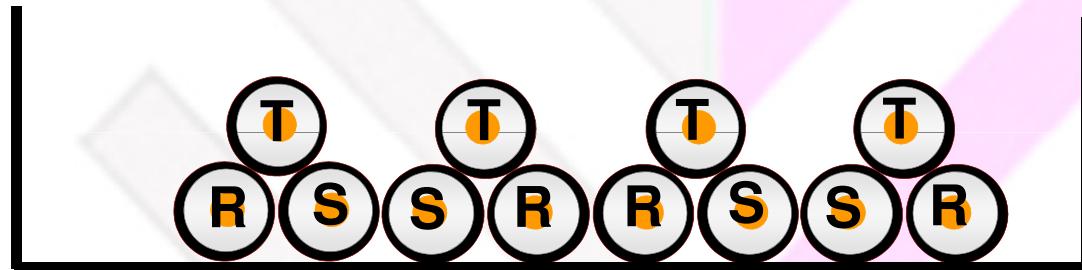
Un solo circuito (las fases están conectadas a extremos comunes)

Cuatro ternas de conductores influyéndose térmicamente

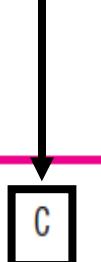
Por tanto precisan de coeficiente de corrección por agrupamiento

Aplicación de coeficientes de corrección

Si tuviéramos un circuito con 4 cables por fase tipo AL XZ1 1x240 en bandeja no perforada con 1a ternas en contacto



Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas.



Aplicación de coeficientes de corrección

→

C						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
D*		VER SIGUIENTE TABLA											
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
	4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
	6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
	10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
	16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82
	25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
	35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
	50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
	70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
	95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
	120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
	150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
	185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
	240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461
	300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558

Una terna de cables Al voltalene Flamex (AL XZ1) 1x240 en bandeja no perforada A 40 °C puede soportar 332 A

Aplicación de coeficientes de corrección

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

$$K_{\text{agrup}} = 0,75$$

Aplicación de coeficientes de corrección

La intensidad máxima admisible que puede recorrer cada uno de los conductores del circuito es...

$$I' = 332 \times 0,75 = 249 \text{ A}$$



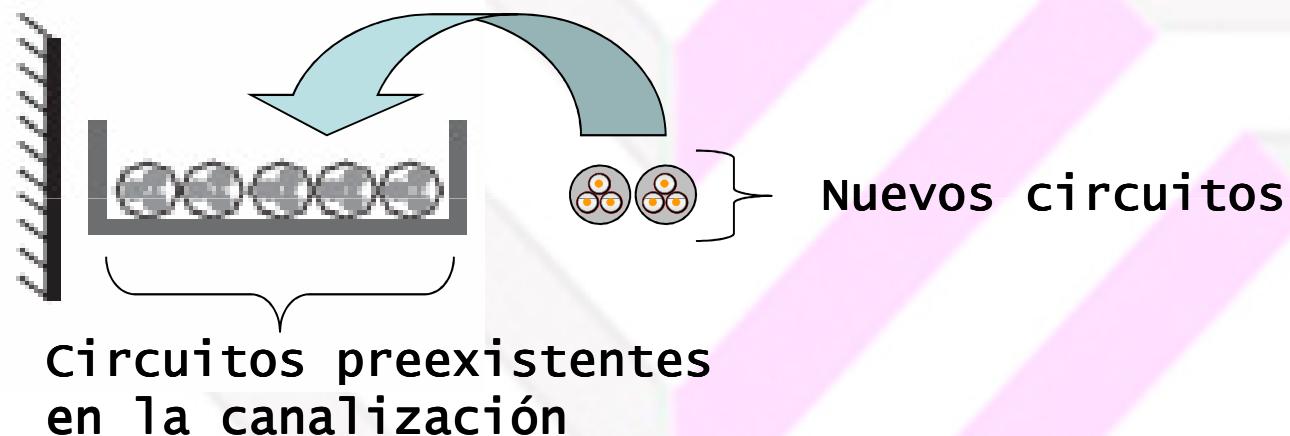
Un 25 % inferior a lo que soportarían los conductores si se tratara de una sola terna

Y la intensidad total máxima admisible del circuito será...

$$I_{\text{total}} = 249 \times 4 = 996 \text{ A}$$

Aplicación de coeficientes de corrección

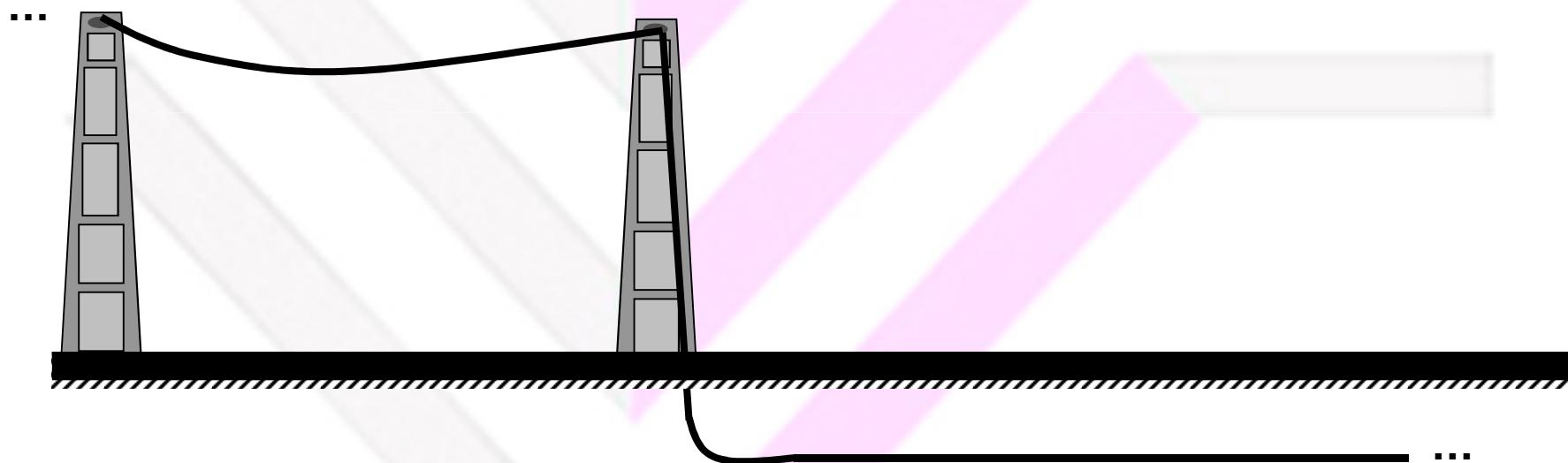
6.- Añadir cables en canalización existentes y no tener en cuenta las nuevas condiciones térmicas



Es necesario tener en cuenta el nuevo agrupamiento para los nuevos circuitos y para los ya existentes y aplicar el factor de corrección por agrupamiento adecuado

Aplicación de coeficientes de corrección

7.- No considerar la variación del sistema de instalación a lo largo del recorrido de la línea

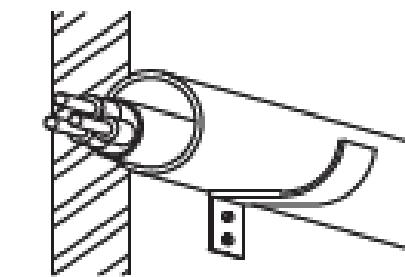
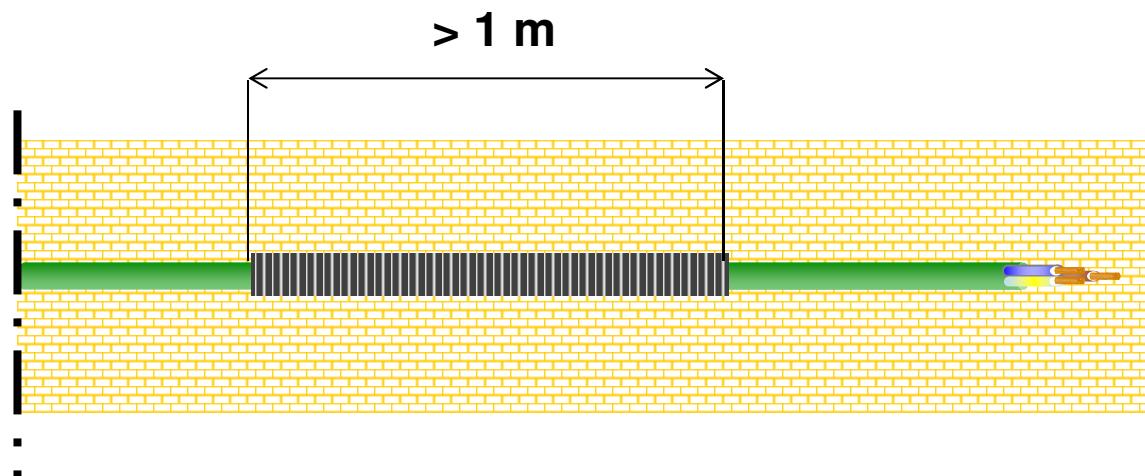
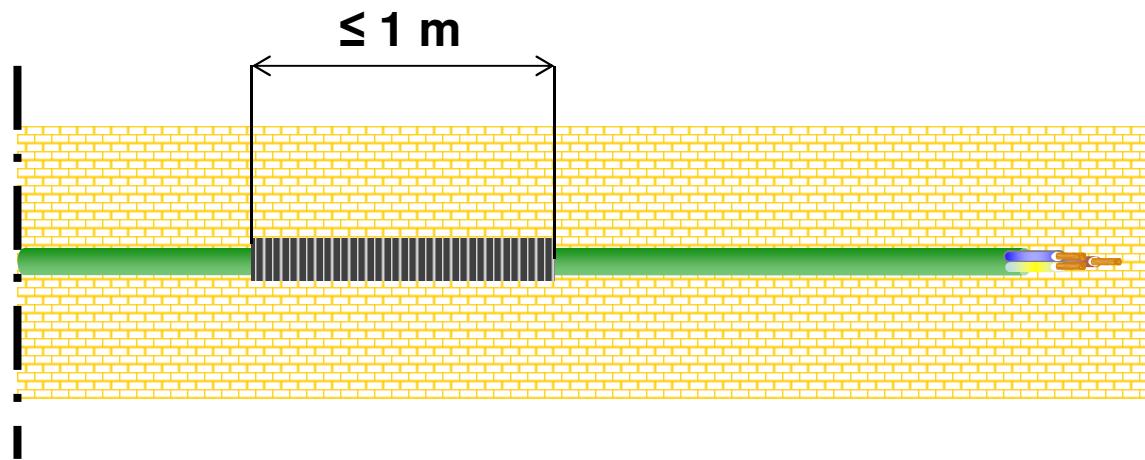


Se aplicarán lógicamente las condiciones del sistema de instalación más restrictivo

7.- No considerar la variación del sistema de instalación a lo largo del recorrido de la línea

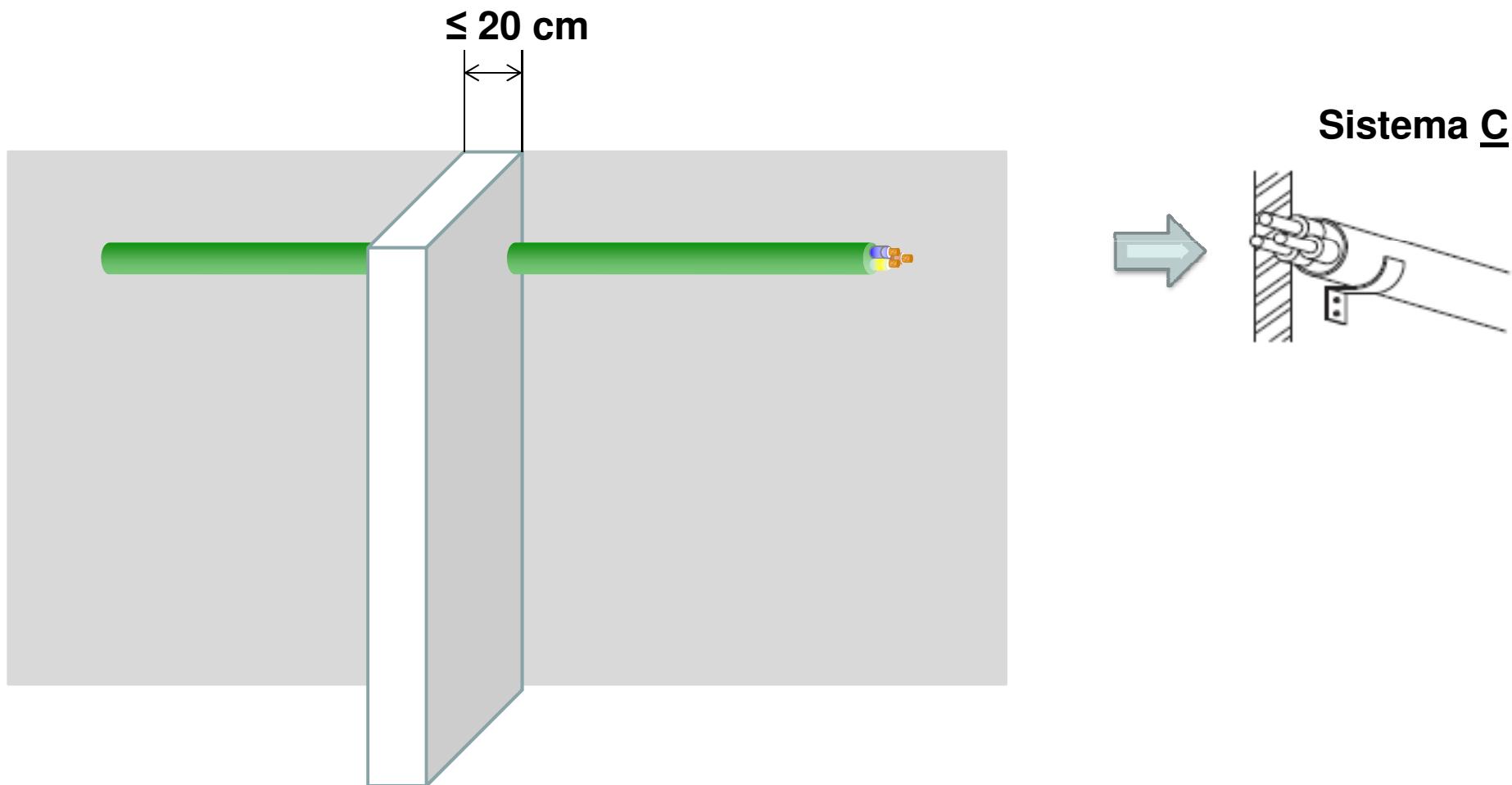
UNE 20460-5-523 (nov. 94)

Sistema de instalación
para cálculos



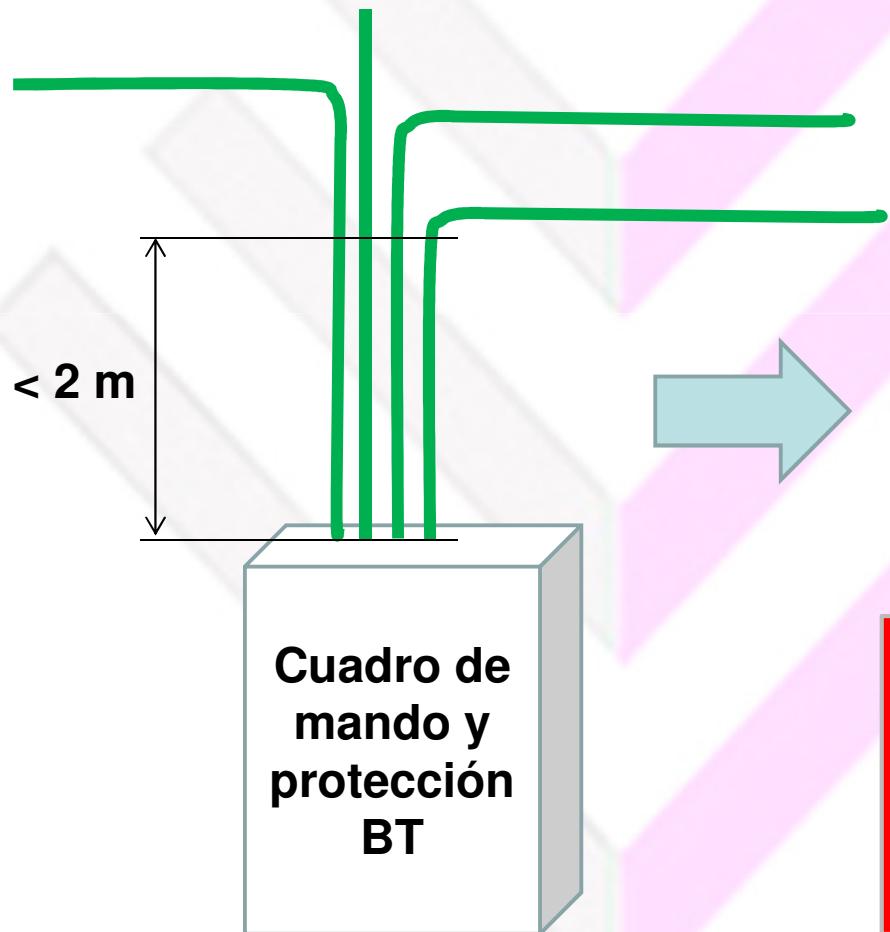
7.- No considerar la variación del sistema de instalación a lo largo del recorrido de la línea

UNE 20460-5-523 (nov. 94)



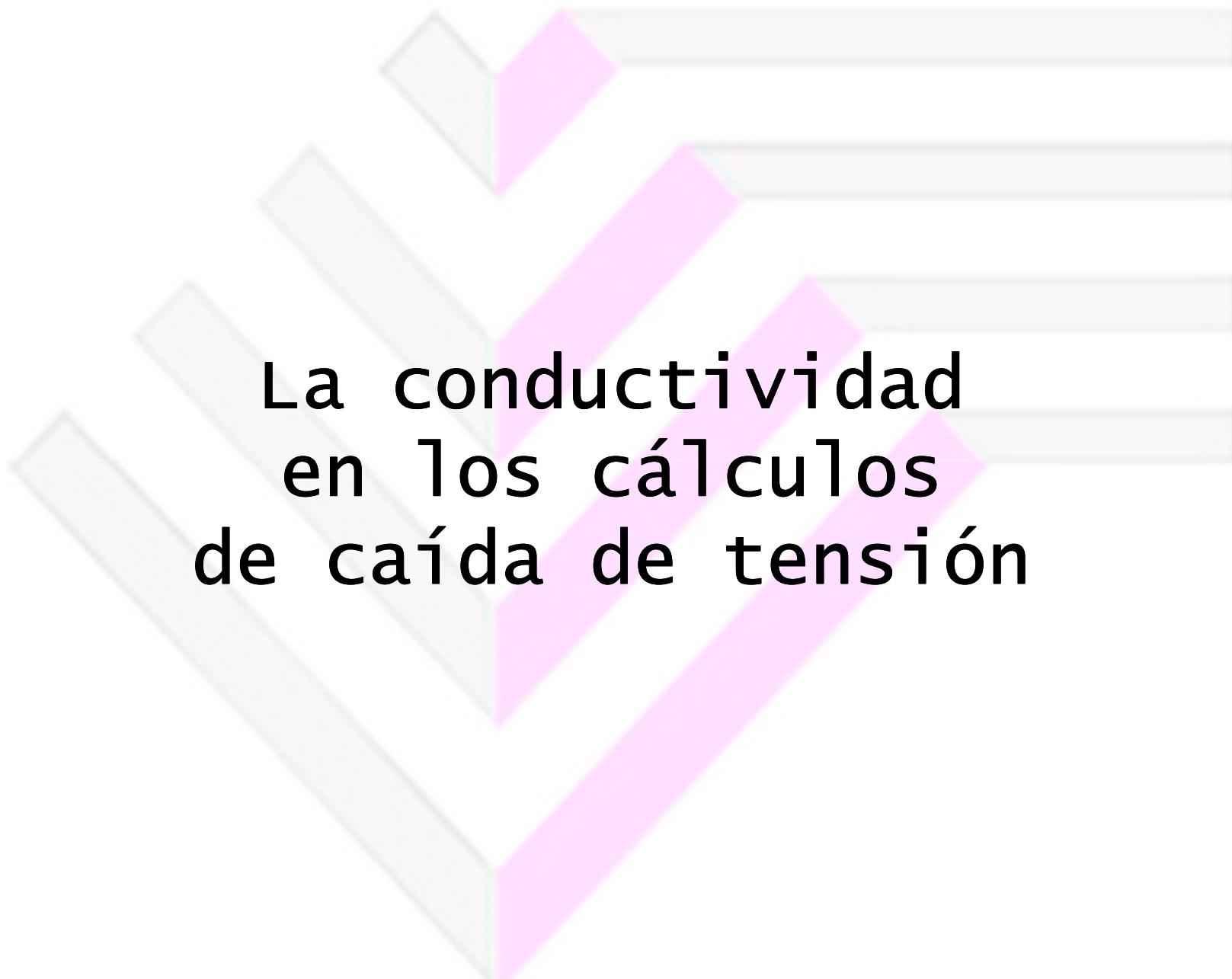
7.- No considerar la variación del sistema de instalación a lo largo del recorrido de la línea

GUIA-BT 19



No aplica coeficiente de corrección por agrupamiento

NOTA: la GUIA-BT no es vinculante.
Se recomienda aminorar en lo posible estos agrupamientos.



La conductividad en los cálculos de caída de tensión

La conductividad en los cálculos de caída de tensión

La conductividad del cobre (γ) a 20 °C tiene un valor de 58 m/(Ω·mm²) pero varía con la temperatura del conductor.

$$T \uparrow \rightarrow \gamma \downarrow$$

$$\gamma_{\theta} = 1 / \rho_{\theta}$$
$$\rho_{\theta} = \rho_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)]$$

- ρ_{θ} resistividad del conductor a la temperatura θ en Ω · mm²/m.
- ρ_{20} resistividad del conductor a 20 °C en Ω · mm²/m (= 1/58 para Cu y 1/35,71 para Al).
- α coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹ (0,00393 para Cu y 0,00407 para Al).

La conductividad en los cálculos de caída de tensión

Temperatura del conductor			
	20 °C	Termoplásticos 70 °C	Termoestables 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

valores oficiales de conductividad
(UNE 20003 → Cu; UNE 21096 → Al)

El valor “popular” de 56 para el cobre corresponde a una temperatura de 29,1 °C.

La conductividad en los cálculos de caída de tensión

Ejemplo de cálculo de sección por caída de tensión

Cable Afumex 1000 v

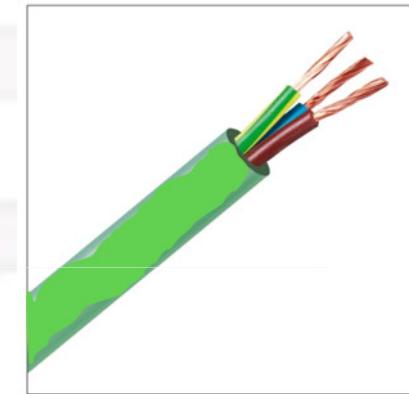
Monofásica con $U = 230$ v

Intensidad de corriente: $I = 70$ A

$\cos\phi = 0,9$

Longitud de la línea: 48 m

Máxima caída de tensión admitida: 5 % $\rightarrow 11,5$ v

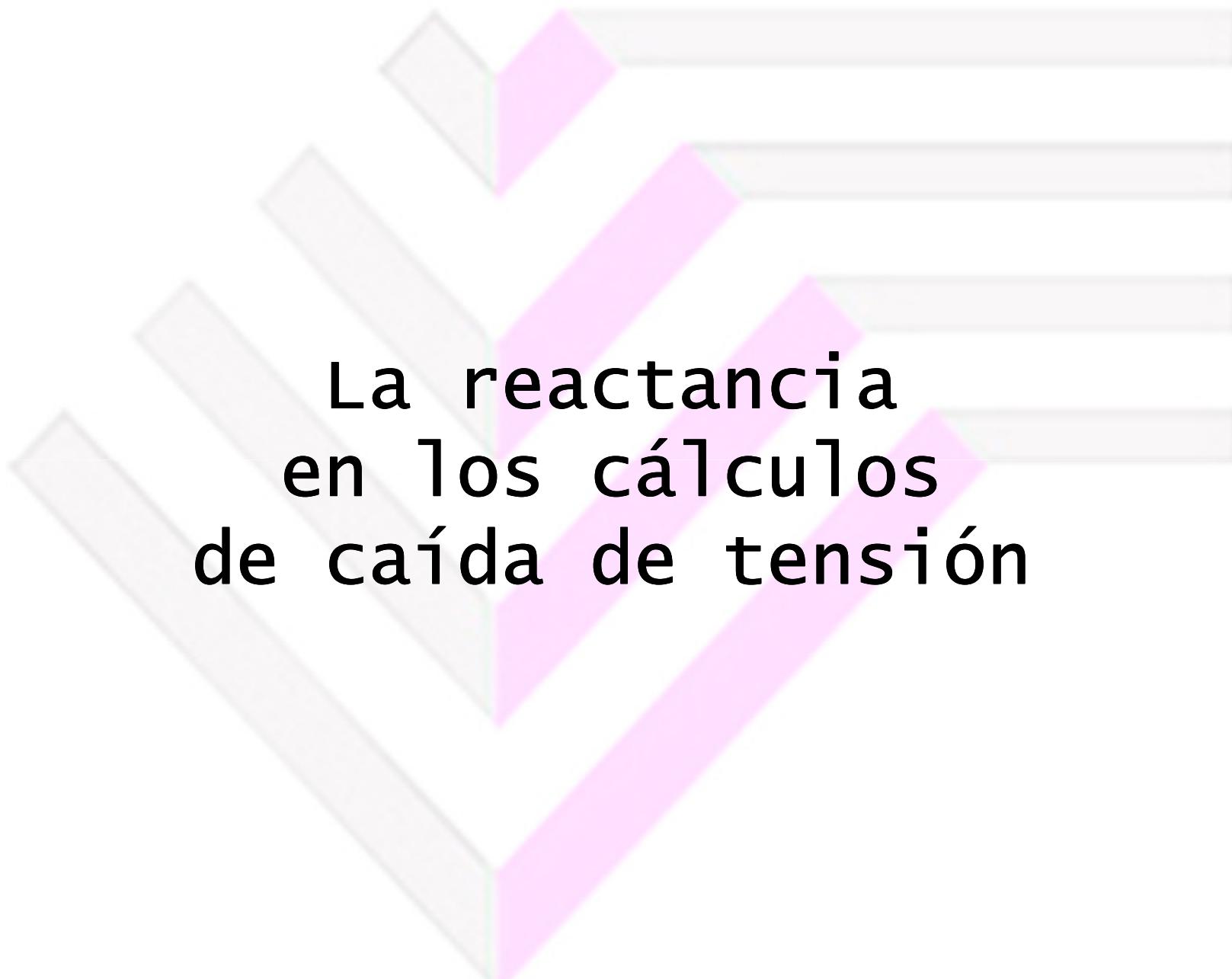


$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{2 \cdot 48 \cdot 70 \cdot 0,9}{56 \cdot 11,5} = 9,39 \text{ mm}^2 \rightarrow 10 \text{ mm}^2$$



$$S = \frac{2 \cdot 48 \cdot 70 \cdot 0,9}{45,49 \cdot 11,5} = 11,56 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mm}^2$$





La reactancia en los cálculos de caída de tensión

La reactancia en los cálculos de caída de tensión

Norma francesa UTE C 15-105

Con carácter general para cables de BT sin pantalla:

Para todas la secciones

Para Cu o Al

Para todas las disposiciones de tendido

Para todos los sistemas de instalación

$$X \approx 0,08 \Omega/\text{km}$$

La reactancia en los cálculos de caída de tensión

Si observamos la fórmula general de cálculo de la caída de tensión veremos que teniendo en cuenta que en general el $\cos \phi$ es elevado si R es elevado el efecto de X es despreciable

$$\Delta U = I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) \quad [V]$$

$R \uparrow \rightarrow X$ despreciable $\rightarrow \Delta U \approx I \cdot R \cdot \cos \phi$

Esta aproximación puede ser válida para cables hasta 35 mm²

La reactancia en los cálculos de caída de tensión

$$R \text{ (95 mm}^2 \text{ cobre a } 90 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,264 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$R \text{ (95 mm}^2 \text{ aluminio a } 90 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,411 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Si tuviéramos un $\cos\phi$ relativamente bajo de 0,8 $\rightarrow \sin\phi = 0,6$
 \rightarrow en la fórmula...

$$\begin{aligned}\Delta U_{95 \text{ Cu}} &= I \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = I \cdot (0,264 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6) \\ &= I \cdot (0,2112 + 0,048) \quad [\text{v/km}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{95 \text{ Al}} &= I \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = I \cdot (0,411 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6) \\ &= I \cdot (0,3288 + 0,048) \approx 0,3288 \text{ I} \quad [\text{v/km}]\end{aligned}$$

La reactancia en los cálculos de caída de tensión

Las fórmulas generales para cálculo de caída de tensión en BT son por lo tanto:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x / n \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

Monofásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1,732 \cdot 10^{-3} \cdot x / n \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

Trifásica

x: reactancia del conductor en Ω/km

n: número de conductores por fase

ΔU : máxima caída de tensión en V

NOTA: Si x se iguala a cero obtenemos las expresiones generales sin influencia de la reactancia (secciones $\leq 35 \text{ mm}^2$)

2.- Errores en la elección del tipo de cable

Usos incorrectos del cable RV-K

Usos incorrectos del cable RV-K



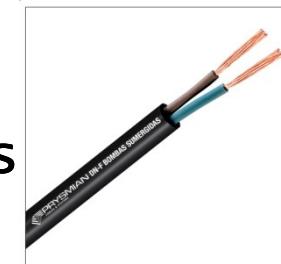
Provisionales de obras
Prolongadores
Servicios no fijos

Flextrême
(UNE 21027-4)



Bombas sumergidas

DN-F
Bombas Sumergidas
(UNE 21166)



Redes aéreas para alumbrado exterior

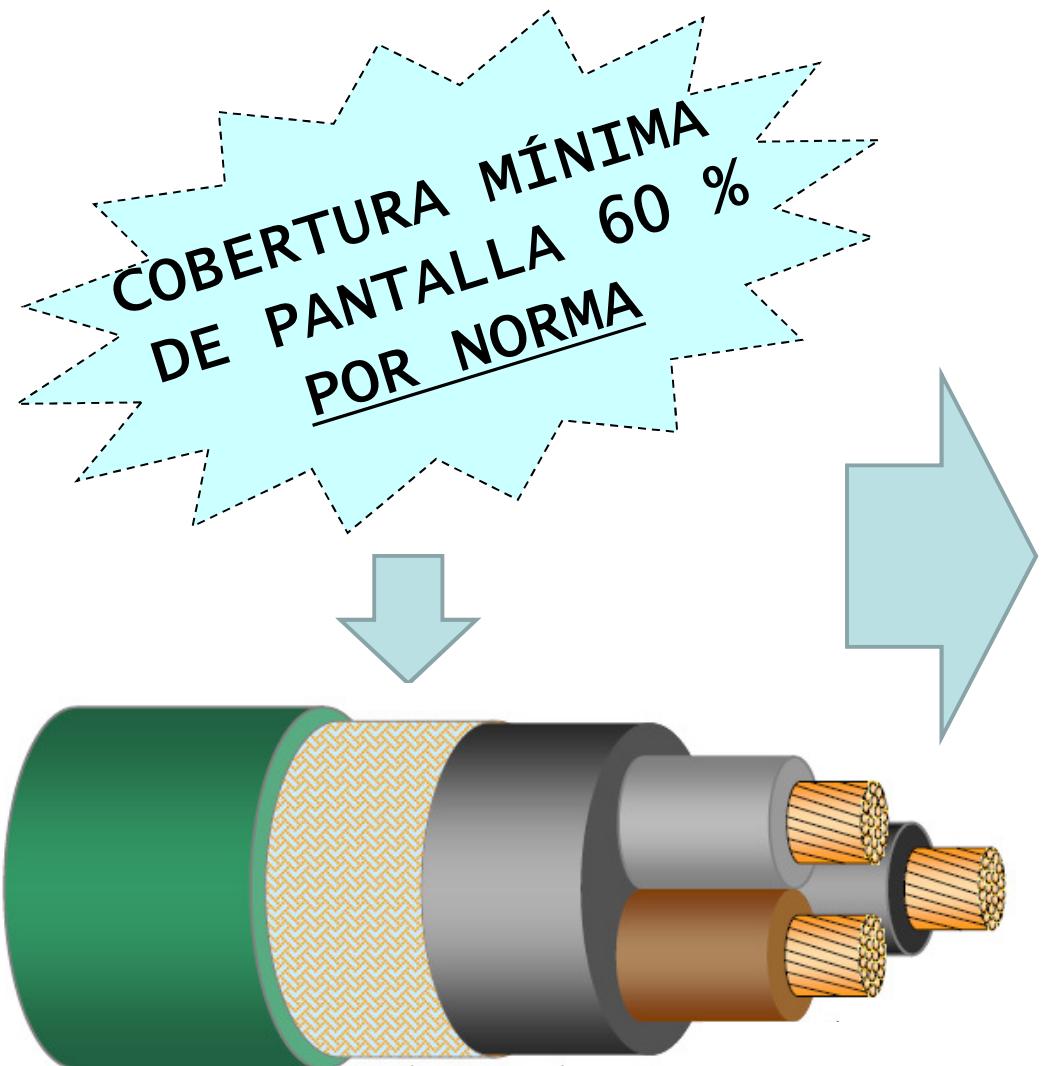
Polirret Fériex
(UNE 21030-2)





**Cables con pantalla de
trenza de cobre**

Cables con pantalla de trenza de cobre



UNE 21123-2
RC4V-K

UNE 21123-4
RC4Z1-K (AS)

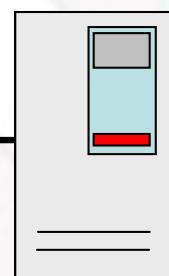
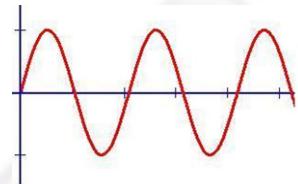
UNE 211025
RC4Z1-K mica (AS+)



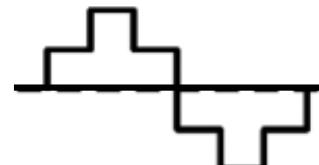
Alimentación de motores con variadores de frecuencia

Alimentación de motores con variadores de frecuencia

Suministro de red



**Suministro adaptado
para el control de la
velocidad**



M

Motor

**Variador de
frecuencia**



Cable Varinet

Alimentación de motores con variadores de frecuencia



Afumex Varinet K (AS) 0,6/1 kV

Cubierta Afumex

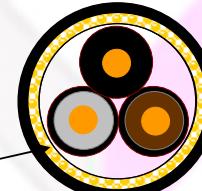
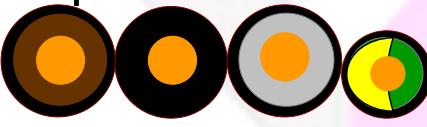
Pantalla de hilos de cobre
(= conductor de protección)

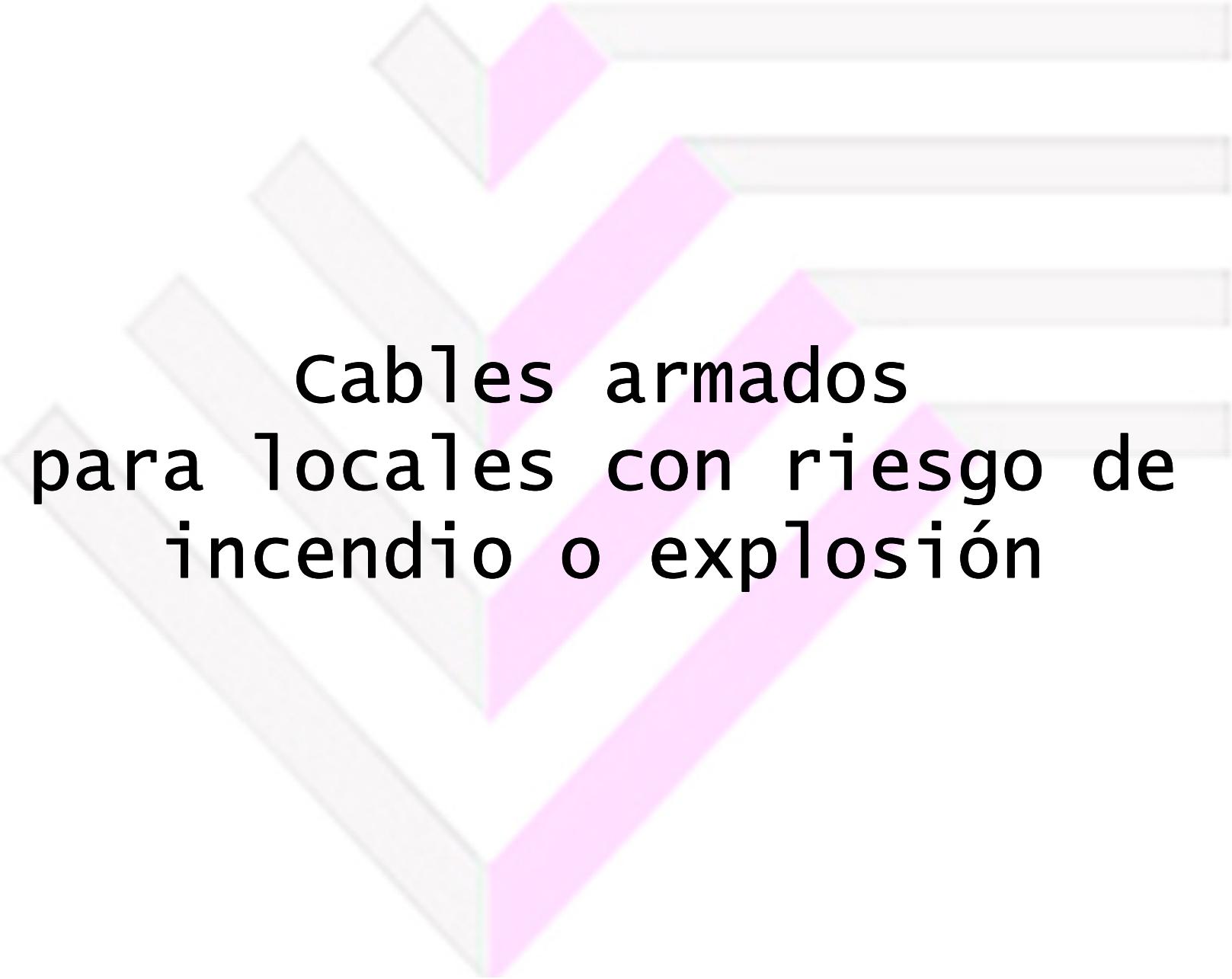
Relleno

Aislamiento de XLPE

Conductor de cobre

Alimentación de motores con variadores de frecuencia

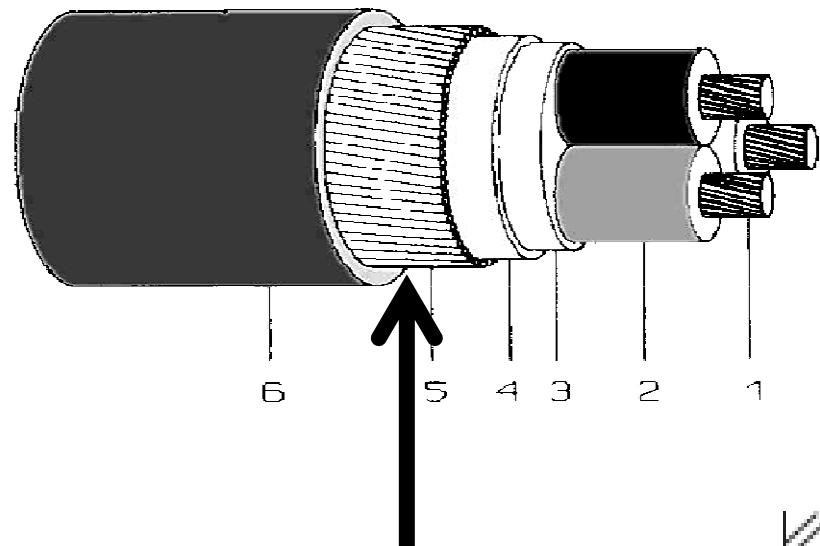
	Fases $\leq 10 \text{ mm}^2$	Fases $> 10 \text{ mm}^2$
Cables Varinet (tierra concéntrica)	 SI	SI
Cables O (apantallados con trenza de cobre con cobertura $\geq 60 \%$)	 SI	NO
Cables multipolares sin pantalla	 NO	NO
Cables unipolares	 NO	NO



**Cables armados
para locales con riesgo de
incendio o explosión**

Cables armados para locales con riesgo de incendio o Explosión (ITC-BT 29)

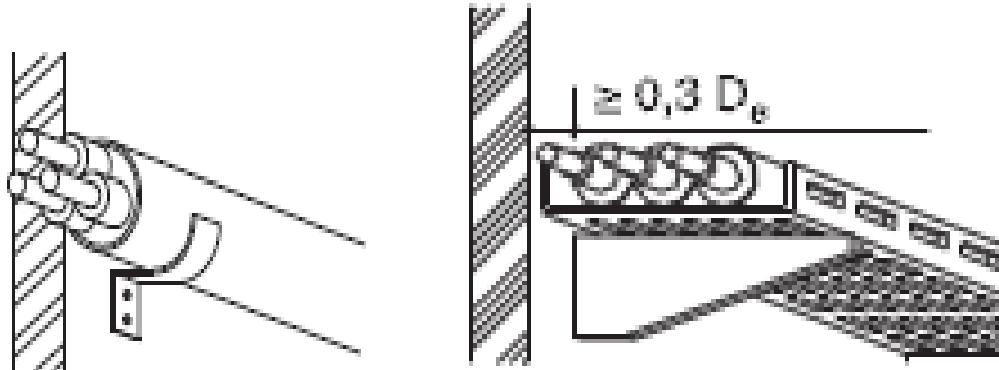
En montaje superficial:



La armadura protege a los conductores frente a agresiones mecánicas para evitar la chispa.

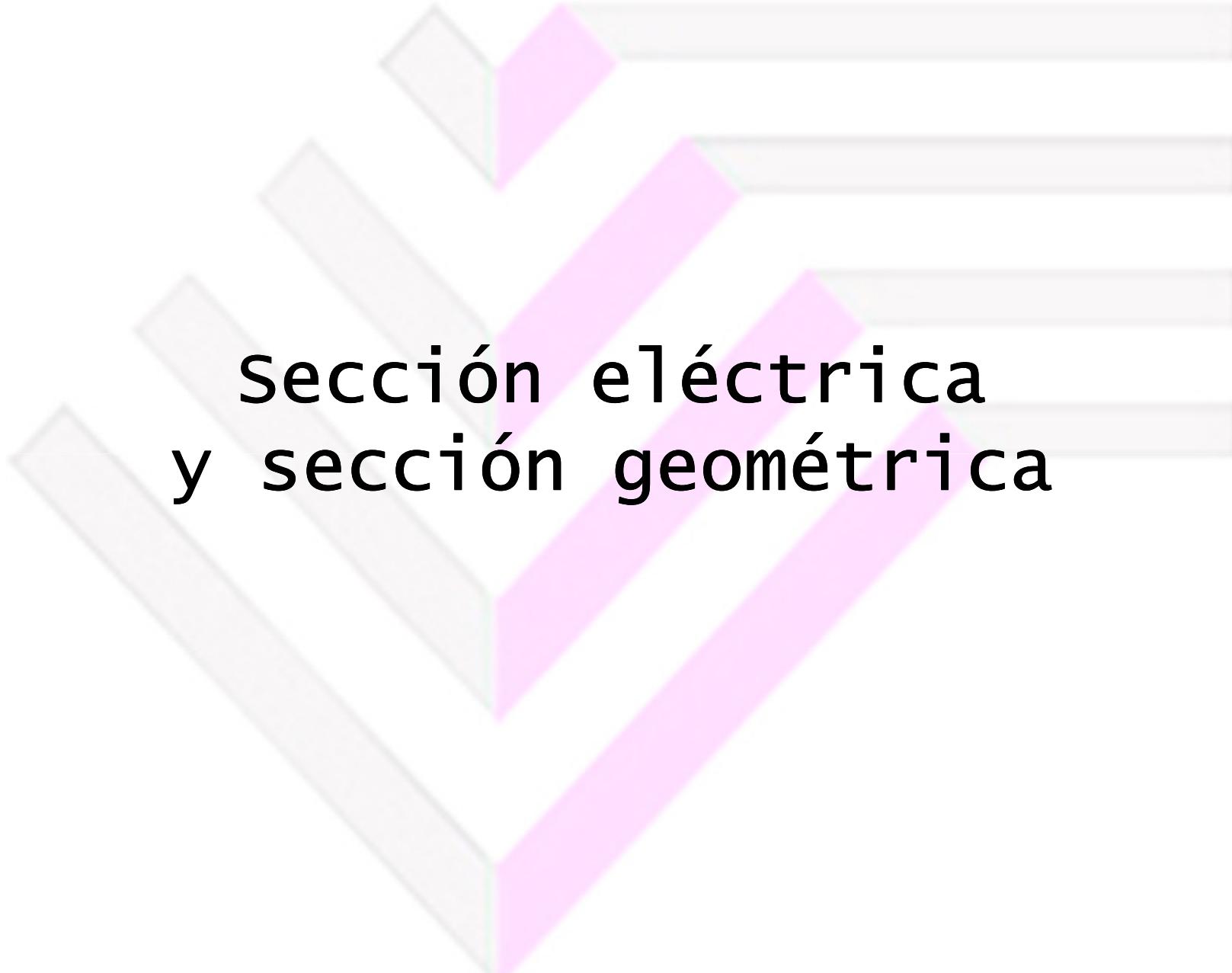
RETENAX FLAM M

- 1.- Conductor Cu
- 2.- Aislamiento XLPE
- 3.- Relleno (si necesario)
- 4.- Asiento de armadura (PVC)
- 5.- Armadura de hilos de acero
- 6.- Cubierta (PVC)
(Versión Afumex disponible)



Nota: los cables han de ser siempre no propagadores del incendio

3. - Otros errores

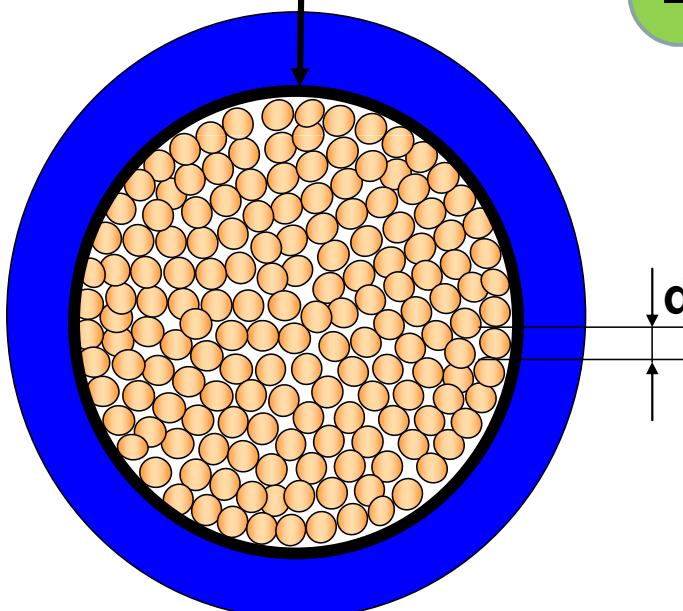


Sección eléctrica y sección geométrica

Sección eléctrica y sección geométrica

UNE EN 60228

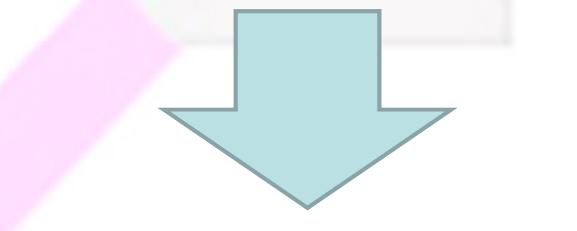
n hilos de cobre



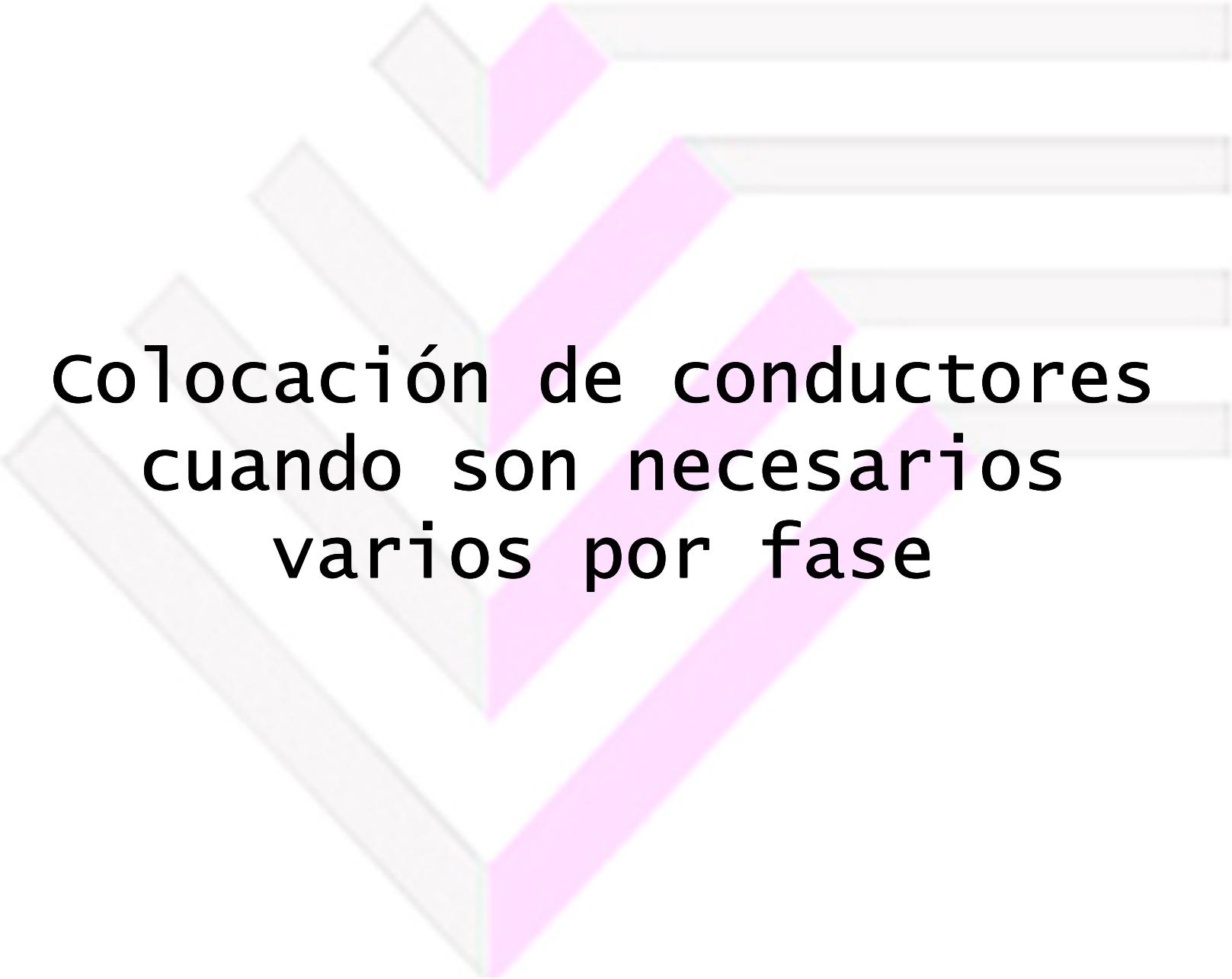
$$n \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = Sg$$

Sg = sección geométrica ≠ sección nominal

La sección nominal se corresponde con valores de resistencia máxima a 20 °C según UNE EN 60228, NO está sujeta a medida directa



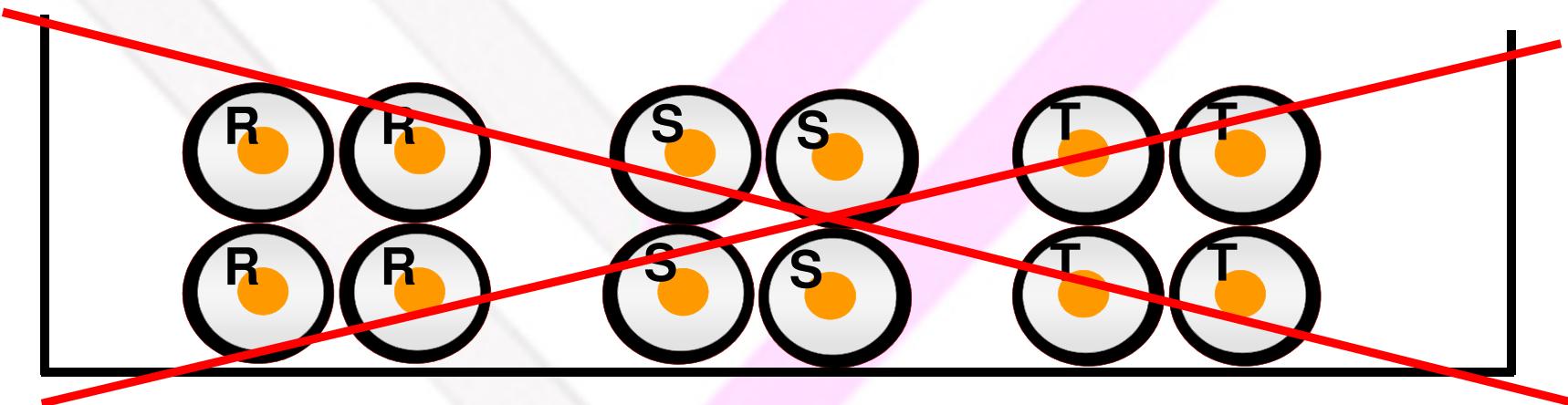
Sección nominal	R máx a 20 °C (Ω/km)
1,5	12,1
2,5	7,41
4	4,61



Colocación de conductores
cuando son necesarios
varios por fase

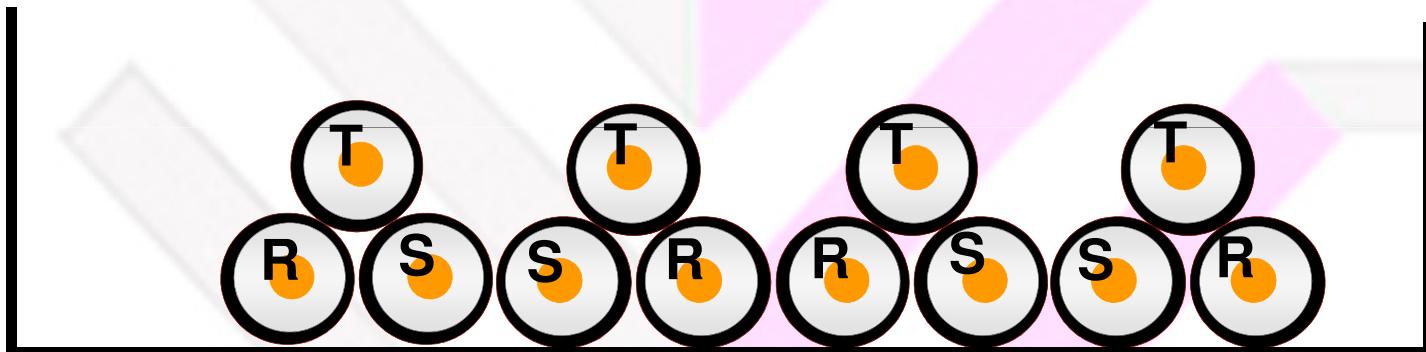
Colocación de conductores cuando son necesarios varios por fase

Si necesitamos utilizar más de un conductor por fase, nunca se deben agrupar los conductores de la misma fase

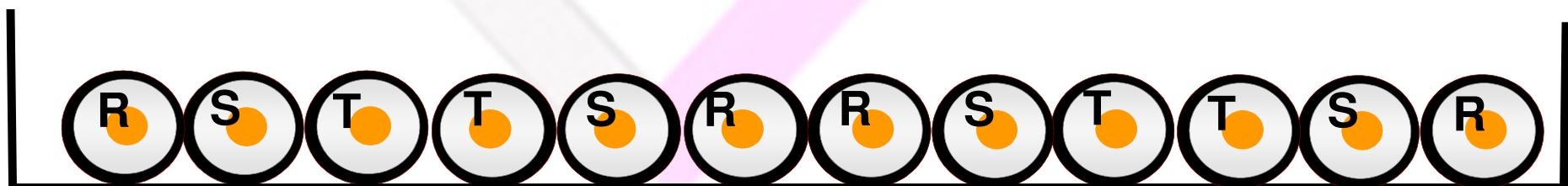


Colocación de conductores cuando son necesarios
varios por fase

Colocación a tresbolillo

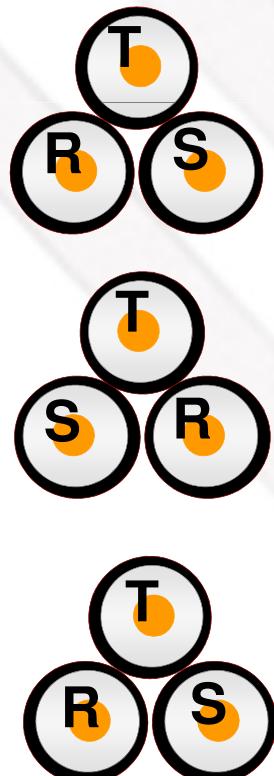


Colocación en horizontal

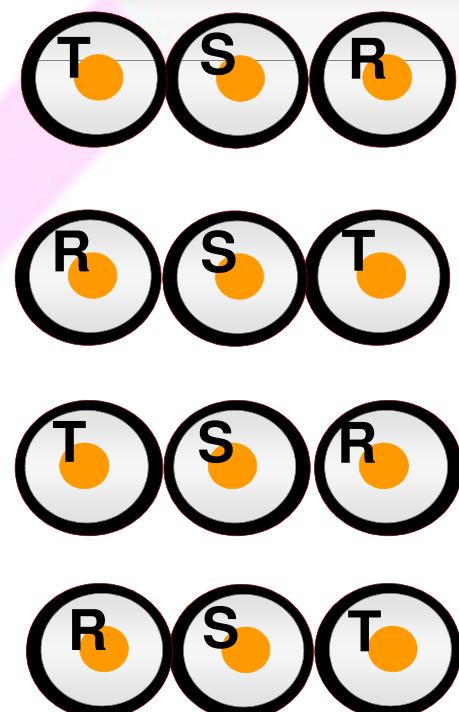


Colocación de conductores cuando son necesarios
varios por fase

Colocación varios niveles
a tresbolillo



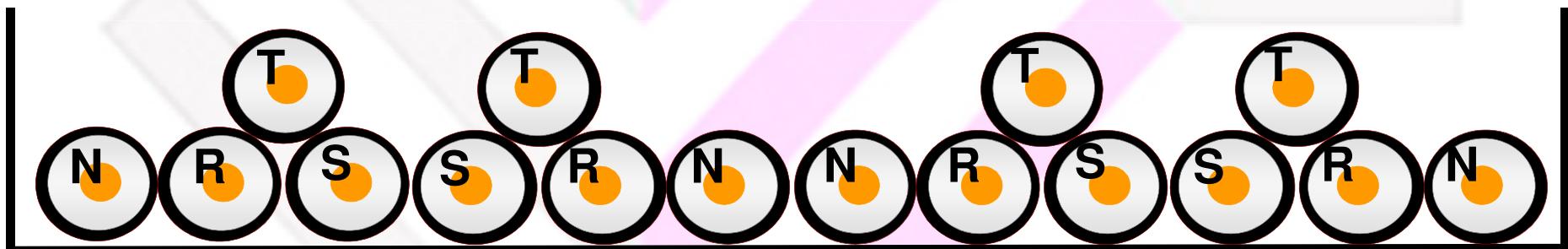
Colocación varios niveles
En horizontal



Colocación de conductores cuando son necesarios
varios por fase

Colocación de neutros

A tresbolillo



En horizontal





Gracias por su atención