

04
VOLUMEN

SOLUCIÓN A SITUACIONES
particulares y frecuentes.

ITEM DESCRIPCIÓN	PÁGINA
19. Cables expuestos al sol.	03
20. Reducción de la potencia perdida por efecto Joule en los conductores, por reducción de la intensidad de corriente respecto al valor máximo admisible.	04
21. Cálculos de sección a 50 y a 60 Hz en BT.	05
22. Nuevas normas de diseño para cables de BT.	07
23. Coloración de los conductores.	08
24. Cables unipolares y cables multipolares. Cuándo utilizarlos.	09
25. Designación de los cables para BT.	10
26. Las unidades del sistema internacional y los cables.	11
27. Secciones de conductor ¿de dónde provienen?	
28. Elección de la tensión asignada de los cables en BT.	

■ 19. Cables expuestos al sol.

No existe una orientación clara en la normativa en cuanto a la consideración cuantitativa de la acción directa del sol sobre los tendidos de cable:

■ La norma de intensidades admisibles en cables para instalaciones en edificios (UNE-HD 60364-5-52) nos remite a calcular la acción solar empleando la IEC 60287 (UNE 21144).

■ La norma UNE 211435 para elección de cables de tensión superior o igual a 1 kV orientada a distribución (no edificación) tanto en BT como en MT ofrece valores para cables trenzados tipo RZ de cobre (**POLIRRET FERIEX CPRO**) o AL RZ de aluminio (**AL POLIRRET CPRO**) para cuando se prevé la acción solar directa sobre el tendido, pero sólo para estos tipos de cable. Los coeficientes aplicados varían entre 0,85 y 0,95 según la sección.

■ La norma antecesora de la UNE 211435 fue la UNE

20435 (ya anulada) y en ella sí que se encontraba una orientación para reducir las intensidades admisibles en el apartado 3.1.2.1.4. *(El coeficiente de corrección que deberá aplicarse en un cable expuesto al sol es muy variable. Se recomienda 0,9).*

Cuando no se tiene idea del nivel de afección del sol al tendido es bueno disponer de un coeficiente que al menos nos orienta, aunque su aplicación general sea para distribución y la norma esté anulada. Al menos, invita a no obviar en los cálculos esta influencia térmica.

Quizá más importante puede ser saber la sobre elevación de temperatura estimada en los cables por su exposición al sol. En la siguiente tabla podemos encontrar los incrementos de temperatura estimados en el cable en función de su diámetro exterior, respecto al estándar de temperatura ambiente en España a la sombra (40 °C) para cálculos de conductores en instalaciones al aire.

DIÁMETRO DEL CABLE (mm)	20	40	60	80
SOBREELEVACIÓN DE TEMPERATURA (°C)	10	18	24	28

En la tabla se observa como el incremento de temperatura depende fuertemente de la superficie de exposición al sol.

Por tanto para la mayoría de los cables de BT cuyo diámetro suele ser inferior a 20 mm en las condiciones estándares de temperatura (40 °C) deberemos corregir la intensidad admisible según el coeficiente correspondiente a 50 °C. En el caso de cables para MT o multipolares de elevada sección para BT, el diámetro exterior de los cables más habituales ronda los 40 o 60 mm lo que nos lleva a calcular la intensidad máxima admisible para una temperatura de 58 °C o 64 °C respectivamente.

Al respecto de la exposición de los cables al sol no debe perderse de vista lo que dice el REBT en su ITC-BT 30 pto. 2 donde se asemeja la intemperie a un local mojado y se exige la instalación de los cables bajo canalización estanca. Lo que llevaría a pensar que en BT sólo se admite expresamente el empleo en intemperie de los cables trenzados RZ (tipo **POLIRRET FERIEX CPRO**) y AL RZ (tipo **AL POLIRRET CPRO**) por estar expresamente admitidos (cables diseñados bajo norma UNE 21030 en ITC-BT 06) para redes tensadas o posadas en el exterior sin necesidad de conducto.

Igualmente recordamos que los cables de más habitual uso en BT (**AFUMEX CLASS 1000 (AS)** → RZ1-K (AS),

RETENAX CPRO FLEX → RV-K...) están expresamente admitidos para instalaciones exteriores sin tubo o conducto según refleja la guía de utilización de sus respectivas normas de diseño. En resumen son técnicamente aptos para la intemperie pero **expresamente no lo admite la reglamentación española**. Aunque maticemos que a estas alturas alguna disposición regional racionalmente admite cables con cubierta en bandeja a la intemperie en determinadas zonas sin acceso al público en general.

Un caso especial de exposición al sol son cables tipo **PRYSUN®** o **TECSUN®**, especialmente pensados y garantizados para prestar servicio 30 años en las condiciones de una instalación fotovoltaica. Estos tendidos de intemperie rara vez se instalan bajo tubo o canal protectora cuando la canalización discurre por la superficie. Se encarece la instalación y se dificulta la ventilación de la misma cuando el producto instalado está ideado para soportar las condiciones ambientales de una instalación cuya exposición a la radiación del sol y a otros agentes atmosféricos está fuera de toda duda.



Los cables **PRYSUN®** y **TECSUN®** están pensados para soportar las exigencias de una instalación fotovoltaica durante 30 años.

Prysmian
Group

■ 20. Reducción de la potencia perdida por efecto Joule en los conductores, por reducción de la intensidad de corriente respecto al valor máximo admisible.

Sabemos que no podemos pensar que un conductor transporte el 100 % de la intensidad máxima admisible para su sistema de instalación porque es necesario intercalar una protección entre el valor de intensidad de funcionamiento del cable y el máximo admisible, de esta forma si superamos los valores calculados el circuito quedará interrumpido sin peligrar la integridad del cable y de la instalación.

En la siguiente tabla observamos el importante efecto de la reducción de potencia perdida en los conductores de una línea por limitación de la intensidad de corriente que circula por la misma. Una reducción del 20 % respecto al valor máximo admitido para el conductor en su sistema de instalación lleva aparejado una reducción de pérdidas térmicas del 40 % y si la intensidad admisible se rebaja en un 30 % las pérdidas bajarán hasta el 55 %. No existe proporcionalidad lineal puesto que como sabemos el efecto Joule es función cuadrática de la intensidad que recorre el conductor ($P = R \cdot I^2$).

Es importante tener presentes estos valores para extraer la moraleja de que la generosidad con las secciones de

conductor no es sinónimo de gasto innecesario en un entorno de tarifas crecientes desenganchadas del IPC.

REDUCCIÓN DE LA INTENSIDAD QUE CIRCULA POR LOS CONDUCTORES, EN % RESPECTO A LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	REDUCCIÓN DE POTENCIA PERDIDA EN LOS CONDUCTORES (%)
0	0
10	21
20	40
30	55
40	68
50	78
60	86
70	92
80	97
90	99
100	100

■ 21. Cálculos de sección a 50 y a 60 Hz en BT.

En los tiempos que corren es fácil encontrarse con proyectos para instalaciones eléctricas que funcionan a 60 Hz de frecuencia en lugar de 50 Hz (frecuencia industrial en España). Estudiemos si hay mucha diferencia para nuestros cálculos de sección de conductor.



■ Criterio de la intensidad admisible.

Si observamos la norma de referencia para las intensidades admisibles en instalaciones en edificios (instalaciones interiores o receptoras en general) UNE-HD 60364-5-52 que adopta la norma internacional IEC 60364-5-52, tras el punto B.52.6.2 encontramos la NOTA 1 del apartado Notas generales para las tablas que dice textualmente: ... *Las corrientes tabuladas hacen referencia al funcionamiento en régimen permanente (factor de carga 100 %) en corriente continua o en corriente alterna de frecuencia nominal 50 o 60 Hz.*

Es decir, el cálculo por el criterio de la intensidad admisible no varía porque la instalación sea para una frecuencia de 50 o 60 Hz para las secciones habituales de conductor (los valores tabulados llegan hasta un máximo de 630 mm² en algún sistema de instalación concreto si bien las secciones de conductor más comunes en stock no suelen superar los 300 mm² y sólo en algunos tipos de cable).

Estrictamente sabemos que la intensidad admisible depende de la resistencia del conductor y de la resistencia térmica del entorno. Y al depender la resistencia en corriente alterna de la frecuencia (efectos piel y proximidad, ver UNE 21144 o IEC 60287) hay una variación de la misma al alza al aumentar la frecuencia pero como vemos la norma lo considera despreciable para este salto pequeño de sólo 10 Hz.

Como ejemplo tenemos los siguientes incrementos de resistencia por aumentar la frecuencia de 50 a 60 Hz:

$$240 \text{ Al} \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60 \text{ Hz}} = 0,2 \%$$

$$240 \text{ Cu} \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60 \text{ Hz}} = 0,7 \%$$

$$500 \text{ Al} \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60 \text{ Hz}} = 1,5 \%$$

$$500 \text{ Cu} \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60 \text{ Hz}} = 3,4 \%$$

NOTA: se recuerda que las intensidades admisibles son las mismas si el conductor es rígido como si es flexible. La norma UNE-HD 60364-5-52 (e IEC 60364-5-52) no ofrece valores distintos.

■ Criterio de la caída de tensión.

La caída de tensión en una línea depende esencialmente de la resistencia eléctrica de la misma y a partir de cierta sección (que puede ser 35 mm² para conductores de cobre y 70 mm² para conductores de aluminio) la reactancia de la línea empieza a tener su influencia en la misma.

Cómo hemos visto en el apartado anterior el paso de 50 a 60 Hz no implica una elevación significativa de la resistencia para las secciones de habitual uso.

La variación de la reactancia si es fácilmente cuantificable dado que como sabemos la reactancia se puede expresar:

$$X = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Dónde L es el coeficiente de inducción mutua y es un valor que depende de la geometría de los conductores del tendido y de su disposición no de la frecuencia.

$$X_{50 \text{ Hz}} = 2 \times \pi \times 50 \cdot L$$

$$X_{60 \text{ Hz}} = 2 \times \pi \times 60 \cdot L$$

$$X_{60 \text{ Hz}}/X_{50 \text{ Hz}} = 1,2 \rightarrow \text{incremento del 20 \% en la reactancia}$$

Si tenemos en cuenta que, según leemos en la norma UNE-HD 60364-5-52 y la norma francesa UTE C 15-105 y cómo se puede demostrar con cálculos, con carácter general podemos tomar como valor para la reactancia de una línea 0,08 Ω/km independientemente de la sección del conductor, disposición (tresbolillo o en el mismo plano) y sistema de instalación, tendremos el valor de 0,096 Ω/km como valor generalmente admisible para cálculos de líneas en BT a 60 Hz.

■ Criterio del cortocircuito.

La fórmula del calentamiento adiabático es:

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Ni la intensidad de cortocircuito (I_{cc}), ni el tiempo de actuación de las protecciones (t_{cc}) varían con la frecuencia. Tampoco la sección del conductor (S), las temperaturas inicial (θ_i) o final (θ_f) ni la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura (β). Finalmente K, que es una constante que depende del material conductor utilizado y del aislamiento, tampoco se ve alterada por la frecuencia por lo que los resultados del cálculo no se verán afectados por el cambio de frecuencia de 50 a 60 Hz.

Cuando se calculan conductores por el criterio de cortocircuito debemos tener en cuenta que las reactancias de los mismos aumentan un 20 % ($60/50 = 1,2$) por pasar de 50 a 60 Hz. La reactancia de referencia en las líneas será pues 0,096 Ω/km en ausencia de datos más precisos (0,08

$$\Omega/\text{km} \times 1,2 = 0,096 \Omega/\text{km}).$$

Al aumentar la reactancia y por tanto las impedancias del circuito los valores de intensidad de cortocircuito para los que se considere la reactancia en su cálculo tendrán a 60 Hz un valor inferior al de 50 Hz.

■ Conclusiones

Vemos que si estamos acostumbrados a hacer cálculos en corriente alterna a 50 Hz, para obtener secciones de conductor a 60 Hz sólo debemos considerar el aumento de la reactancia cuando esta influye al calcular por el criterio de la caída de tensión (recomendamos que así sea para $S_{Cu} \geq 35 \text{ mm}^2$ y $S_{Al} \geq 70 \text{ mm}^2$) o a la hora de calcular el cortocircuito en la línea donde las reactancias aumentan un 20 %. Tal incremento de reactancia inductiva influye además poco para los cálculos de las secciones de conductor convencionales de uso siempre bajo el supuesto de líneas en las que los armónicos no tengan mucha presencia.

NOTA: la norma UNE HD 60364-5-52 es la versión oficial, en español, de la norma internacional IEC 60364-5-52 (2009), por lo que también tiene correspondencia con esta norma de referencia internacional.

Asimismo, recordar que los valores de intensidades en estas normas se derivan de acuerdo con los métodos dados en la norma IEC 60287, utilizando las dimensiones especificadas en la norma IEC 60502, con las resistencias de conductor dadas en la norma IEC 60228.

■ 22. Nuevas normas de diseño para cables de BT.

Se publicó en el 2012 la nueva norma UNE-EN 50525 "Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (U_o/U)", que es la trasposición de la norma europea EN 50525 y que comporta la anulación de las siguientes normas de referencia para cables armonizados:

UNE 21027 – Cables aislados con goma de tensiones asignadas U_o/U inferiores o iguales a 450/750 V. (Cables tipo **FLEXTREME**, **AFUMEX CLASS PANELES**, **AFUMEX EXPO...**)

UNE 21031 – Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas U_o/U inferiores o iguales a 450/750 V. (Cables tipo **WIREFOL PRO RÍGIDO**, FLEXIBLE Y GAS).

Además de su actualización técnica, esta norma supone una racionalización de la estructura normativa para los cables de baja tensión armonizados, agrupando por su utilización prevista en lugar del material de aislamiento los cables.

La norma UNE-EN 50525 consta de las siguientes partes:

Parte 1: Requisitos generales.

Parte 2: Cables de utilización general.

Parte 3: Cables con propiedades especiales ante el fuego.

Cada una de estas partes se subdivide teniendo en cuenta su utilización según sean cables flexibles, unipolares con o

sin cubierta para instalaciones fijas y cables para aplicaciones especiales.

Como caso particular se encuentra la norma UNE 211002 (cables tipo **AFUMEX CLASS 750 V (AS)**), las características constructivas de los tipos de cable armonizados incluidos en ella se encuentran también en la mencionada serie UNE-EN 50525.

CABLES DE LA SERIE UNE 21027 (ANULADA)

ANTERIOR		DESIGNACIÓN DEL CABLE	NOMBRE PRYSMIAN	ACTUAL	
NORMA DISEÑO	TÍTULO			NORMA DISEÑO	TÍTULO
UNE 21027-4	Cables flexibles	H07RN-F	FLEXTREME	UNE-EN 50525-2-21	Cables flexibles con aislamiento de elastómero reticulado. Cables de utilización general
UNE 21027-9	Cables unipolares sin cubierta libres de halógenos para instalación fija, no propagadores del incendio y con baja emisión de humos	H05Z-K H07Z-K	AFUMEX PANELES FLEXIBLE	UNE-EN 50525-3-41	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humos
UNE 21027-13	Cables flexibles libres de halógenos y baja emisión de humos.	H07ZZ-F	AFUMEX EXPO	UNE-EN 50525-3-21	Cables flexibles con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humos. Cables resistentes al calor (90°C)

CABLES DE LA SERIE UNE 21031 (ANULADA)

ANTERIOR		DESIGNACIÓN DEL CABLE	NOMBRE PRYSMIAN	ACTUAL	
NORMA DISEÑO	TÍTULO			NORMA DISEÑO	TÍTULO
UNE 21031-3	Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas	H05V-U H05V-R H07V-U H05V-K H07V-K	WIREPOL CPRO RIGIDO WIREPOL CPRO FLEX	UNE-EN 50525-2-31	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico (PVC). Cables de utilización general.
UNE 21031-5	Cables flexibles	H05VV-F	WIREPOL CPRO GAS	UNE-EN 50525-2-11	Cables flexibles con aislamiento termoplástico (PVC). Cables de utilización general.

CABLES DE LA NORMA UNE 211002

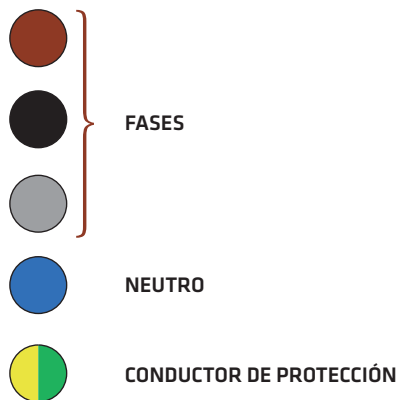
ANTERIOR		DESIGNACIÓN DEL CABLE	NOMBRE PRYSMIAN	ACTUAL	
NORMA DISEÑO	TÍTULO			NORMA DISEÑO	TÍTULO
UNE 211002*	Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas	H07Z1-K (AS) TYPE 2 ES05Z1-K (AS)	AFUMEX CLASS 750 V (AS)	UNE-EN 50525-3-31 Sin correspondencia	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico libre de halógenos y baja emisión de humos. Cables para instalaciones fijas

* A diferencia de la serie de normas UNE 21031 y UNE 21027, esta norma UNE no ha sido anulada por la edición de la serie de normas UNE-EN 50525.

NOTA: los cables de la norma UNE-EN 50525 que proceden de las normas anuladas UNE 21027 y UNE 21031 tienen las normas UNE-EN 50565-1 y UNE-EN 50565-2 como guía de utilización

■ 23. Coloración de los conductores.

El apartado 2.2.4 de la ITC-BT 19 del REBT establece la identificación por color de los conductores según su función (fases, neutro o conductor de protección). También la norma UNE 21089-1 (HD 308 S2) contempla las coloraciones de los aislamientos para los cables eléctricos multi-

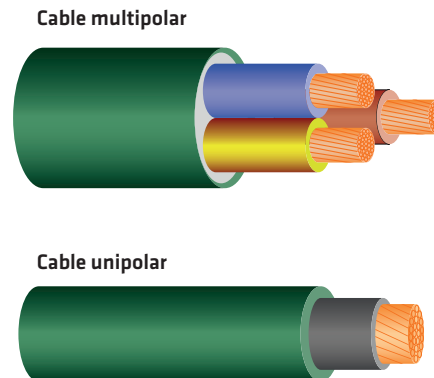


El color marrón adquiere prioridad como conductor de fase y por ello es el color de fase que aparece en los cables para circuitos monofásicos.

Los cables unipolares con cubierta no tienen diferentes coloraciones de aislamiento asignadas. Debe identificarlos el instalador con señalizadores en la cubierta (GUÍA-BT 19).

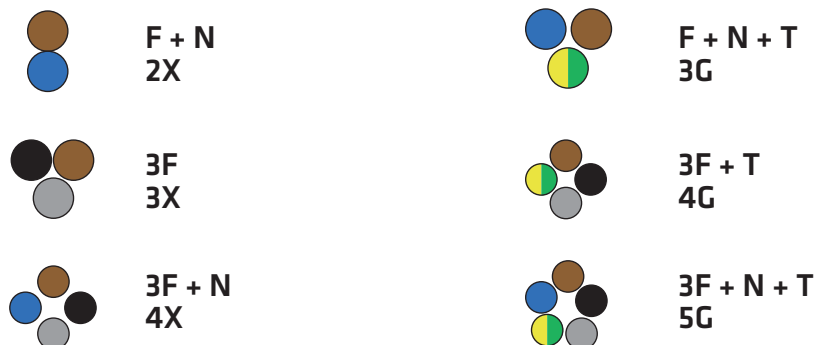
polares entre 2 y 5 conductores (quedan excluidos algunos tipos concretos como cables para corriente continua o cables trenzados para redes aéreas).

Los colores se asignan según la función que va a desempeñar ese conductor en el circuito:



La existencia o no del conductor de protección amarillo/verde va a condicionar la designación del número de conductores y la sección nominal del cable (UNE 20434, tabla 3). Así un cable con conductor amarillo/verde sustituirá el símbolo X por G (Ground = tierra).

Las designaciones quedarán pues como sigue:



Así un cable 4G16 sabemos que tiene 4 conductores de 16 mm² de sección uno de los cuales es amarillo/verde (y por tanto los otros 3 serán fases: marrón, negro, gris al no tener sentido otra formación pues no es lógico que fueran dos fases + neutro ya que en general los tendidos son trifásicos o monofásicos).

Un cable de 3x25 presenta 3 conductores de 25 mm² de sección. Los colores serán marrón, negro y gris (3 fases). En manos del proyectista o instalador queda incluir un

conductor unipolar de protección adicional para el circuito en que aplique el cable.

En la tabla A.1. de la norma UNE-EN 60446 (IEC 60446) encontramos expresamente citado que *no es necesaria ninguna recomendación* para las coloraciones de conductores en tendidos de corriente **continua**. Es decir, queda abierta la identificación por color. Sí nos habla de un código alfanumérico para identificar el conductor positivo y el negativo (L+ y L-).

■ 24. Cables unipolares y cables multipolares. Cuándo utilizarlos.

Más allá del cálculo de la sección de los conductores de una línea tenemos la elección de cables unipolares o cables multiconductores para ejecutar los tendidos. Veamos consideraciones a tener en cuenta para facilitar la tarea del instalador.

Una vez obtenida la sección de los conductores de una línea eléctrica en muchas ocasiones queda en manos del instalador en obra elegir cables de un solo conductor o no. Hay criterios técnicos que pueden ayudar a quedarnos con la opción más adecuada.

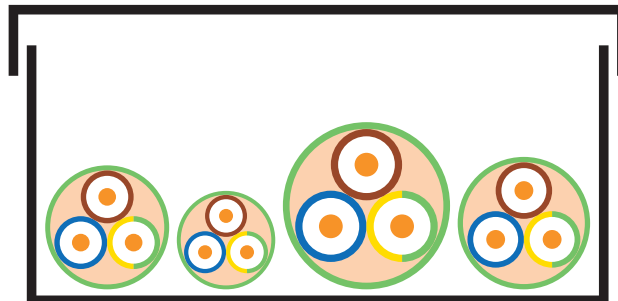
Para empezar señalaremos lo más importante, y es que si una línea está calculada para cable multiconductor, se pueden utilizar cables unipolares puesto que los circuitos constituidos por agrupación de cables unipolares soportan mayor intensidad admisible que si se utiliza cable multiconductor. La disipación térmica se ve perjudicada cuando una cubierta “abrazo” varios conductores aislados (ver *UNE-HD 60364-5-52*) aunque poco cuantitativamente.

Por ejemplo, si en una bandeja perforada disponemos 4 conductores unipolares (3 fases + neutro) **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 1x70 para alimentación trifásica la máxima intensidad admisible que soportará será de 243 A (XLPE3, instalación tipo F) mientras que si se opta por instalar el mismo tipo de cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** pero de 4x70 la intensidad máxima se reduce hasta los 223 A (XLPE3, instalación tipo E).

De todo esto se deduce que a efectos técnicos se puede pasar de cables multipolares a unipolares, pero no al revés (salvo que se hagan las comprobaciones necesarias).

Cuando existe la posibilidad de confundir conductores de un circuito con los de otro se recomienda el uso de cables multiconductores, así, cada cable contendrá todos los conductores de un solo circuito. Por ejemplo, en las cana-

luras de difícil acceso a lo largo de su recorrido que contienen dos o más circuitos como canalizaciones verticales que contengan varias derivaciones individuales en edificios.



En canales protectoras lo idóneo es instalar cables multipolares para no confundir conductores de diferentes circuitos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior la manejabilidad del cable es el factor crítico para decidir. Los cables multiconductores precisan de bobinas más voluminosas y pesadas y su tendido exige radios de curvatura muy superiores a cables unipolares, dado que este es función del diámetro exterior del cable.

¿Dónde estaría el límite en el que empezar a pensar en cables unipolares en lugar de multipolares? Podríamos decir que cuando se trata de tendidos interiores con las lógicas limitaciones de espacios y radios de curvaturas, se suele pensar en cables unipolares cuando las secciones superan los 35 mm². Este valor podría ser una referencia orientativa.

Por supuesto si disponemos de espacio y medios necesarios para manejo de grandes bobinas se pueden instalar cables de hasta 4x240. Puede ser el caso de instalaciones directamente enterradas o tendidos cortos poco sinuosos. (Ver tabla comparativa de datos del cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 4x240 y la alternativa unipolar de 1x240).

CABLE	PESO	DIÁMETRO EXTERIOR	RADIO DE CURVATURA	DIÁMETRO DE BOBINA	CAPACIDAD BOBINA
	kg/m	mm	mm	mm	m
AFUMEX CLASS 1000 V (AS) 4x240	10,6	64,4	386	2200	250
AFUMEX CLASS 1000 V (AS) 1x240	2,4	28,6	143	1400	800

(Valores aproximados)

Los cables multipolares permiten agrupar todos los conductores de un circuito bajo una misma cubierta con la correcta coloración de cada aislamiento para identificar fácilmente la función del conductor (marrón, negro y gris para las fases, azul para el neutro y amarillo/ verde para el conductor de protección). Los cables unipolares de 0,6/1

kV no tienen diferentes coloraciones asignadas, los cables tipo **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** tienen cubierta verde, los **RETENAX CPRO FLEX** de color negro, etc. Por ello, precisan de una identificación a instalación acabada que corre por cuenta del instalador.

La GUIA-BT 19 nos sugiere como identificar los conductores unipolares de 0,6/1 kV en el punto 2.2.4: *Los cables unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV con aislamiento y cubierta no tienen aplicadas diferentes coloraciones, en este caso el instalador debe identificar los conductores mediante medios apropiados, por ejemplo mediante un señalizador o argolla, una etiqueta, etc.. en cada extremo del cable.*

No es una solución inteligente siempre pensar en cables unipolares de 0,6/1 kV con diferentes coloraciones de aislamiento. Nos olvidaríamos del problema de la identificación pero se multiplicarían los stocks y deberíamos ir provistos de una voluminosa bobina para cada color en la mayoría de los casos cuando en la situación actual con un solo color tenemos para todos los conductores del tendido salvo el conductor de protección que en secciones superiores a 16 mm² sabemos que puede ser de la mitad del valor de las fases. El neutro debe ser igual a las fases salvo justificación por cálculo (ITC-BT 19, pto. 2.2.2 último párrafo).

■ 25. Designación de los cables para BT.

Los cables eléctricos aislados de tensión asignada hasta 450/750 V se designan según las especificaciones de la norma UNE 20434 (Sistema de designación de los cables). Esta norma corresponde a un sistema armonizado (Documento de armonización HD 361 de CENELEC) y por lo tanto estas especificaciones son de aplicación en todos los países de la Unión Europea.

El sistema utilizado es una secuencia de símbolos en el que cada uno de ellos, según su posición, tiene un significado previamente establecido en la norma.

Los cables de tensión asignada 0,6/1 kV no están armonizados, por lo que este sistema de designación no les es de aplicación. Existen discrepancias y contradicciones entre ambos sistemas de designación, ya que el mismo símbolo puede tener significados distintos según se trate de un cable 450/750 V o un cable 0,6/1 kV. Si bien existen muchos paralelismos. En la tabla siguiente se han incluido los símbolos de más frecuente utilización:

REFERENCIA A:	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
Correspondencia con la normalización	H ES	Cable según normas armonizadas. Cable de tipo nacional (no existe norma armonizada).
Tensión asignada	05 07	300/500 V 450/750 V
Aislamiento	Z1 Z V R	Mezcla termoplástica a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Policloruro de vinilo. Goma natural o goma de estireno-butadieno.
Revestimientos metálicos	C4	3Pantalla de cobre en forma de trenza, sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos.
Cubierta	Z1 Z V N	Mezcla termoplástica a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Policloruro de vinilo. Policloropreno (o material equivalente).
Tipo de conductor	-K -R -U -F	Flexible para instalaciones fijas (clase 5 de UNE-EN 60228). Rígido, de sección circular, de varios alambres cableados (Clase 2 de UNE-EN 60228). Rígido, de sección circular, de un solo alambre (Clase 1 de UNE-EN 60228). Flexible para servicios móviles (Clase 5 de UNE-EN 60228).

A modo de ejemplo podemos ver que el cable tipo **WIRE-POL CPRO RÍGIDO** (H07V-R) es cable según normas armonizadas (H) de tensión asignada 450/750 V (07) con aislamiento de PVC (V) y con conductor rígido de varios hilos (-R).

El cable tipo **AFUMEX EXPO** (H07ZZ-F) es también cable según normas armonizadas (H) con tensión asignada 450/750 V (07) con aislamiento de mezcla reticulada (termoestable) con baja emisión de gases corrosivos y humos (Z), cubierta del mismo tipo de material (Z) y flexible para servicios móviles (-F).

■ 26. Las unidades del sistema internacional y los cables.

Las unidades del sistema internacional están muy presentes tanto en los cálculos como en las designaciones de los cables, como sabemos afectan a casi todos los ámbitos de nuestra vida. Quizá sea conveniente recordar la convención oficial acerca de la escritura de las unidades y los valores numéricos, es muy posible que se encuentre con sorpresas.

Si, por ejemplo, alguien solicitara una partida de cable escribiendo en un papel o en un mail: 180 M. **AFUMEX**

CLASS 1000 V (AS) 3G16, 0'6/1KV, se entiende lo que se ha escrito, pero asimismo existen errores en la expresión de los símbolos de las unidades.

La escritura correcta sería:

180 m **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** 3G16, 0,6/1 kV

El RD 2032/2009 establece el Sistema Legal de Unidades de Medida. Ojeando su contenido nos encontramos interesantes detalles, toda vez que cualquier profesional del campo de la técnica va a manejar algún tipo de unidad sea cual sea la disciplina a la que se dedique y en general cualquier persona se va a encontrar con las unidades de medida en el día a día.

Es frecuente error encontrarse mal escritos los símbolos de las unidades del sistema internacional (SI). Añadir una s en el plural, escribirlos seguidos de punto o utilizar arbitrariamente las mayúsculas son algunas de las incorrecciones más usuales.

Recurrimos al capítulo I del RD 2032/2009 para recordar que el símbolo de metro es m, y el de segundo s. El producto de dos o más unidades se indica con preferencia por medio de un punto, que es suprimible si no se puede confundir con otro símbolo unidad múltiplo o submúltiplo. Así, un N·m se puede escribir como N m pero no como mN (milinewton). Por cierto que este producto de símbolos es el newton metro, siendo N/m newton por metro.

Los símbolos que corresponden a unidades derivadas de nombres propios, se escriben con mayúscula en su letra inicial. Por ejemplo T para el tesla o Hz para el hercio y también los símbolos de prefijos de múltiplos, como mega (M), tera (T), giga (G), salvo deca (da), hecto (h) y kilo (k). El nombre de la unidad es con inicial minúscula. Por ejemplo: julio (J), vatio (W), voltio (V), ohmio (Ω), etc.

Las comas que separan los decimales de la parte entera de las cantidades, deben ir siempre abajo (en la línea de

escritura). Y curiosamente no se debe utilizar el punto para separar las unidades de mil de las centenas, ni los millones de las centenas de millar, se debe hacer mediante un espacio o sin utilizar separador alguno, p.e.: sería correcto escribir 7478,2 o 7 478,2 pero no está aceptado oficialmente 7.478,2.

Nos encontramos otro error frecuente de escritura cuando la cantidad y el símbolo de la unidad se encuentra unidos, así 35 mm² es correcto y no 35mm².

Recomendamos la lectura del RD 2032/2009 para más detalles interesantes sobre las unidades legales de medida.

■ 27.- Secciones de conductor ¿de dónde provienen?

Los números normalizados sirven para unificar valores de sección de conductor y con ello limitar las referencias de productos para racionalizar tanto la gestión de fabricaciones o de stocks o simplificar los cálculos entre otras ventajas.



Las secciones de conductor se obtienen a partir de potencias decimales.

La serie de números que se emplea para las secciones eléctricas de conductor es también referencia para otros componentes como por ejemplo para las intensidades nominales de los interruptores automáticos.

Si obtenemos la potencia de base diez (antilogaritmo) de los números a partir de cero con intervalos de una décima y tomamos valores alternos, por redondeo conseguiremos la serie de los primeros números normales que aplican a los cables eléctricos. Lo entenderemos fácilmente observando la siguiente tabla.

x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
10 ^x	1	1,26	1,58	2	2,51	3,16	3,98	5,01
SECCIÓN	1		1,5		2,5		4	

x	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
10 ^x	6,31	7,94	10	12,59	15,85	19,95	25,11	31,62
SECCIÓN	6		10		16		25	

Las secciones superiores a 25 mm² actuales se obtuvieron por ajuste posterior de los números de la serie si bien

inicialmente siguieron la misma lógica dejando de ser alternos a partir de 25 mm².

x	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
10 ^x	39,81	50,12	63,10	79,43	100,00	125,89	158,49	199,53
SECCIÓN INICIAL	40		63		100		160	
SECCIÓN EN USO	35	50	70		95	120	150	185

x	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
10 ^x	251,19	316,23	398,11	501,19	630,96	794,33	1000,00	1258,93
SECCIÓN INICIAL	250	300	400	500	630	800	1000	
SECCIÓN EN USO	240	300	400	500	630	800	1000	

■ 28. Elección de la tensión asignada de los cables en BT.

Calcular la sección de un conductor es algo bastante conocido, pero hay otro parámetro a tener en cuenta cuando se calcula un tendido, el nivel de aislamiento o tensión asignada que no se obtiene sólo conociendo la tensión eléctrica del tendido, sino que viene fijado por la ITC-BT 20 que contiene, con carácter general, valores mínimos obligatorios para cada sistema de instalación.

Si sabemos que una instalación de vivienda funcionará a 230 V de tensión no hacemos lo correcto si instalamos un cable de 300 V de tensión asignada* compuesta dado que el REBT exige valores mínimos de tensión asignada según el sistema de instalación. Tales valores suelen ser bastante mayores que las tensiones de común uso. Repasemos de forma breve las tensiones mínimas exigidas en los diferentes apartados de la ITC-BT 20 (*Instalaciones interiores o receptoras: sistemas de instalación*).

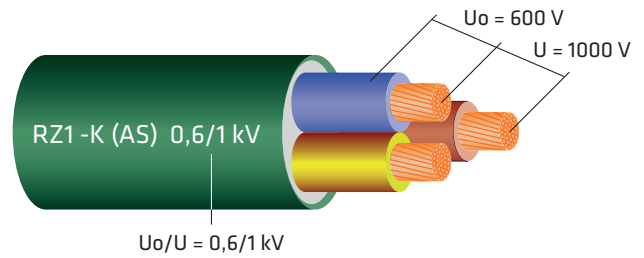
■ ■ ¿Qué es tensión simple (Uo) y tensión compuesta (U)?

Los niveles de aislamiento de los cables de energía también llamados tensión asignada se definen por los valores de tensión simple y tensión compuesta (Uo/U), siendo:

Uo: Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial, entre cada conductor y la pantalla o la cubierta, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

U: Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualquiera, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)



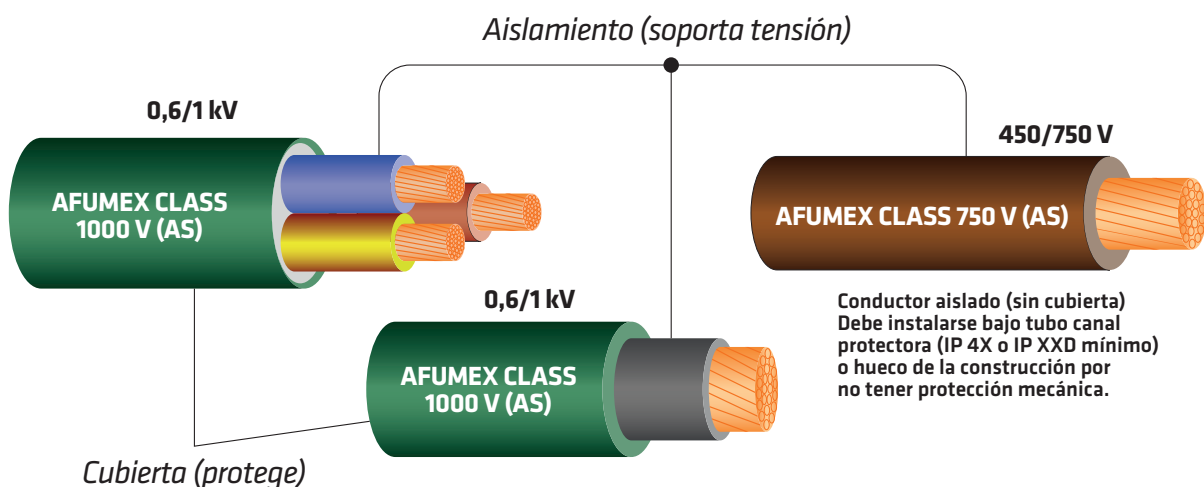
■ ■ Tensión mínima exigida de 450/750 V

- ■ ■ Conductores aislados bajo tubos protectores (*apartado 2.2.1 de ITC-BT 20*).
- ■ ■ Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción (*apartado 2.2.6*).
- ■ ■ Conductores aislados bajo canales protectoras de grado IP4X o superior (*apartado 2.2.7*).
- ■ ■ Conductores aislados bajo molduras (*apartado 2.2.7*).

■ ■ Tensión mínima exigida de 0,6/1 kV

- ■ ■ Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes (*apartado 2.2.2*)

Se trata de cables a la vista sin protección extra, por lo que el cable debe ir dotado de su propia protección (la cubierta) como exige este apartado de la ITC-BT 20 al prescribir que los cables vayan provistos de aislamiento y cubierta.



Las cubiertas dotan de protección mecánica a los cables.

*Antes conocida como tensión nominal.

■ ■ ■ Conductores aislados enterrados (apartado 2.2.3)

La redacción de este apartado es algo ambigua ya que admite que los cables puedan no tener cubierta y tensión asignada 0,6/1 kV. Al remitir a la ITC-BT 07 está admitien-

Cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** con aislamientos en cada conductor y cubierta. Tensión asignada 0,6/1 kV.



La cubierta se exige en estos cables pues al enterrarlos directamente podrían ver dañados sus aislamientos sin esta protección mecánica. Cuando se soterran bajo tubo ya están protegidos por este pero se debe admitir que la fase de tendido puede dañar los aislamientos si se tratara de simples conductores aislados. Además se trata de canalizaciones susceptibles de verse afectados por las filtraciones de agua lo que hace pensar lógica una protección mecánica del cable desde su fabricación dotándole de cubierta y el nivel de aislamiento máximo dentro de la BT (0,6/1 kV).

■ ■ ■ Conductores aéreos (apartado 2.2.5)

Este apartado remite a la ITC-BT 06 donde se explica que

do implícitamente ser cables con cubierta y tensión asignada 0,6/1 kV. En esta misma línea se prescriben los cables enterrados en otras ITC-BT como la número 15.

los cables deben ser de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV y cumplir la UNE 21030. Se trata de cables trenzados para redes aéreas tensadas sobre apoyos o posadas sobre fachadas típicamente a la intemperie.



Cables trenzados de cobre **POLIRRET FERIECX CPRO** (UNE 21030-2) y de aluminio **AL POLIRRET CPRO** (UNE 21030-1).



Cables trenzados tipo **AL POLIRRET CPRO** en redes posadas sobre fachada.

Este punto 2.2.5 aplica a los cables que no están dentro del punto 2.2.2, según se lee. Podemos decir que en tal apartado 2.2.2 estarían incluidos los cables grapados en paredes interiores (ver ITC-BT 30 pto. 2) siendo los cables tipo Polirret Feriex CPRO y AL Polirret CPRO aptos para interiores o exteriores.

■ ■ Sin tensión mínima exigida

■ ■ ■ Conductores aislados directamente empotrados en estructuras (apartado 2.2.4.)

No se exige un nivel de tensión asignada mínimo pero sí que los cables tengan aislamiento y cubierta. Ver apartado siguiente.

■ ■ ■ Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas (apartado 2.2.9).

Los cables instalados en bandeja deben ser aislados y con cubierta. No se exige un nivel de tensión mínimo concreto, si bien es evidente que la tensión compuesta asignada del cable deberá ser igual o superior a la tensión del circuito. Típicamente se emplean los cables de 0,6/1 kV de común uso tipo RV-K (**RETENAX CPRO FLEX**) o RZ1-K (AS) (**AFUMEX CLASS 1000 V (AS)**) puesto que responden a la exigencia. Pensar en cables con aislamiento y cubierta y menor nivel de tensión no es práctico puesto que se trataría de pedidos especiales sujetos a mínimos y plazos de fabricación y el coste sería más elevado por fabricarse en menos cantidad.

que los cables de alta rotación de stock como los comentados. Pensar en incorporarlos en stock entrañaría una duplicidad de stocks cuando los cables de 0,6/1 kV son aptos para muchos usos.

Parece lógico pensar en la exigencia de cubierta para los

cables en bandeja o soporte de bandeja dado que se trata de una canal sin tapa y por tanto se deja a la vista el cable con el peligro de que alguna agresión mecánica pueda afectarle. Para ello las cubiertas de los cables protegen conductores y aislamientos.



En las bandejas deben instalarse cables con aislamiento (función eléctrica de soportar tensión) y cubierta (función mecánica de proteger el aislamiento y conductor).

NOTA: a pesar de que en el apartado se dice que no se exige tensión mínima compuesta asignada (U) del cable con carácter genérico, esta debe ser al menos igual o superior a la tensión nominal de la red en todos los casos. Es decir para un tendido en bandeja de 690 V de tensión nominal de red no podemos emplear cualquier cable con cubierta, deberá además ser de una tensión asignada (U) igual o superior a esos 690 V.

■ ■ Otros casos

■ ■ ■ Conductores aislados bajo canales protectoras de grado inferior a IP4X (*apartado 2.2.7*).

Se exigen cables con aislamiento y cubierta de tensión asignada mínima 300/500 V.

■ ■ ■ Instalaciones a tensiones especiales (ITC-BT 37).

Se entienden como tensiones especiales las instalaciones que superan 500 V de valor eficaz en corriente alterna o 750 V de valor medio aritmético en corriente continua. En este caso la tensión asignada exigida al cable no será inferior a 0,6/1 kV.



LINKING THE FUTURE

PRYSMIAN CABLES SPAIN, S.A.U.

Ctra. C-15, km 2

08800 Vilanova i la Geltrú, Spain

Teléfono: 938 116 006

atencion.clientes@prysmiangroup.com

Follow us



www.prysmianclub.es
www.prysmiangroup.es



Draka