



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA



Instalaciones Eléctricas

Canalizaciones Eléctricas

Presentación 2

Dimensionado de canalizaciones

Recordando las etapas del proceso de dimensionado:

- 1) Definir la **tensión nominal** de cable.
- 2) Determinar la **corriente de proyecto**.
- 3) Elegir el **tipo** de conductor y la **forma** de instalación.
- 4) Determinar la sección por el criterio de “capacidad de conducción de corriente” o “**corriente admisible**”.
- 5) Verificar la sección por el criterio de “**corriente de cortocircuito**”.
- 6) Verificar la sección por el criterio de “**caída de tensión**”.
- 7) Verificar el cumplimiento de las **secciones mínimas** exigidas.

} Ya analizadas

4) Elección de la sección por corriente admisible

- En un conductor la corriente eléctrica circulante, produce pérdidas de energía térmica por efecto Joule (Ri^2). Parte de esta energía se emplea en elevar la temperatura del conductor.
- El resto se disipa al medio ambiente como calor.
- A corriente constante, se alcanza el “Equilibrio Térmico”, cuando el calor producido es igual al disipado. En esas condiciones, el conductor mantendrá constante su temperatura.

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Capacidad de conducción de corriente, I_z (**corriente admisible**):

Es la corriente que **circulando continuamente** por el conductor, produce el equilibrio térmico a la **temperatura máxima admisible** de servicio continuo.

Esta temperatura máxima admisible depende del tipo de aislamiento del cable y la misma está determinada en la siguiente tabla (IEC 60502 - 1983 e IEC 60702 - 1981):

Tipo de aislamiento	Temperatura máxima (°C)	
	En operación normal	En cortocircuito
PVC	70°C en el conductor	160°C, $S \leq 300\text{mm}^2$, PVC/A
XLPE e EPR	90°C en el conductor	250°C

Nota: cuando el conductor opera a una temperatura superior a los 70°C debe tenerse en cuenta también que el equipamiento conectado al mismo sea apto para trabajar con esa temperatura en el punto de conexión.

4) Elección de la sección por corriente admisible

La norma IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” en su parte 5-52 presenta tablas donde se define para cada método de instalación, tipo de aislación y conductor, las corrientes admisibles.

Estos valores son de referencia para temperatura del aire 30°C, temperatura del suelo 20°C y para conjuntos típicos de conductores que forman un circuito monofásico (2) o trifásico (3).

Para casos donde se tenga otra temperatura ambiente y agrupamiento, se deben aplicar **factores de corrección**.

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Factor de corrección por temperatura ambiente:

Temperatura ambiente: es la del medio que rodea al cable, cuando el mismo no está cargado.

Factores de corrección para temperatura ambiente **distinta de 30°C** a aplicarse a las capacidades de corriente para cables en aire:

Temperatura ambiente °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	*	0.65
70	*	0.58
75	*	0.50
80	*	0.41
85	*	*

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Factor de corrección por temperatura ambiente:

Factores de corrección para temperaturas de terreno distintas de 20°C a aplicarse a las capacidades de corriente para cables en ductos en la tierra:

Temperatura ambiente °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE
10	1.10	1.07
15	1.05	1.04
25	0.95	0.96
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	*	0.60
70	*	0.53
75	*	0.46
80	*	0.38

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Factor de corrección por agrupamiento de conductores aislados o cables

Las tablas base están dadas para un circuito que puede estar formado por dos conductores aislados (o dos cables unipolares o un cable bipolar) o por tres conductores aislados (o tres cables unipolares o un cable tripolar).

Cuando se instalan más conductores aislados o cables **en el mismo grupo**, deberán aplicarse los factores de corrección correspondientes, los cuales están dados para las distintas instalaciones (conducto, ducto de cable, bandeja, etc.).

A continuación se muestra como ejemplo una tabla de factores de reducción por agrupamiento dado por la norma para el caso de los métodos de referencia A, B o C:

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Factor de corrección por agrupamiento de conductores aislados o cables

Ítem	Disposición (cables tocándose)	Número de circuitos o cables multipolares												A utilizarse con las corrientes admisibles, Métodos de referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Juntos en aire, sobre una superficie, embutidos o dentro de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A y B
2	En una única capa sobre pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,70	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No se requiere un factor de corrección adicional para más de nueve circuitos o cables multipolares			C
3	En una única capa, fijados directamente bajo techo	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				

Nota 1: Cuando las distancias horizontales entre cables adyacentes superen el doble de su diámetro total, no se requiere la aplicación de ningún factor de corrección.

Nota 2: Se aplican los mismos factores a: grupos de dos o tres cables unipolares que a cables multipolares.

Nota 3: Si un sistema incluye cables bipolares y cables tripolares, se toma el número de circuitos como el número total de cables, y el factor correspondiente se aplica a las Tablas para dos conductores cargados para los cables bipolares, y a las Tablas para tres conductores cargados para los cables tripolares.

Nota 4: Si un grupo contiene n cables unipolares, puede considerárselo como n/2 circuitos de dos conductores cargados o n/3 circuitos de tres conductores cargados.

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Factor de corrección por agrupamiento de conductores aislados o cables

Los factores de reducción por grupo son aplicables a conductores o cables similares, con la misma temperatura máxima de operación.

Solo se deben considerar aquellos **conductores que transportan corriente** (no deberá considerarse conductores de protección PE ni el conductor de neutro salvo que el mismo conduzca corrientes armónicas importantes (mayores al 10%)). Si se sabe que por razones de operación, algún conductor no transportará corrientes superiores al 30% de su corriente admisible, el mismo tampoco deberá tenerse en cuenta a los efectos de obtener el factor de corrección para el resto del grupo.

4) Elección de la sección por corriente admisible

- Por la resistividad térmica del suelo

Las tablas para conductores en el suelo corresponden a una resistividad térmica de suelo de 2.5 K.m/W. En casos donde el suelo tenga una **resistividad térmica mayor**, entonces: deberán corregirse los valores expresados en las tablas con los correspondientes factores de corrección.

Para cables en conductos enterrados, se muestran los factores de corrección a aplicar a capacidades de conducción de corriente en el método de referencia D.

Resistividad térmica K.m/W	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Factor de corrección	1,18	1,10	1,05	1,00	0,96

4) Elección de la sección por corriente admisible

En resumen, la capacidad de conducción de corriente I_z , depende de:

- El material del que está hecho el conductor (Cu o Al).
- Su sección nominal.
- El material de la aislamiento del conductor.
- Las condiciones de instalación del conductor (forma de instalación, agrupamiento de conductores, etc).
- La temperatura del aire o la temperatura del suelo para canalizaciones enterradas.

5) Verificación de la corriente de cortocircuito

Luego de determinada la sección de un conductor por corriente admisible se debe verificar la viabilidad de la sección calculada de acuerdo a las secciones admisibles en cortocircuito.

Cortocircuito $\longrightarrow I \gg I_n \longrightarrow$ aumento de temperatura del conductor.

Se trata de ver si el conductor es capaz de absorber el exceso de energía producido por una falta sin dañarse.

Se prueba que para un conductor de sección S , atravesado por una corriente I , asumiendo el CC como un proceso adiabático, la energía absorbida por el conductor resulta:

$$I^2t = K^2S^2$$

Donde:

- t es el tiempo de duración del CC
- K es una constante que depende de la resistividad del conductor, su densidad, calor específico y las temperaturas inicial y final durante el proceso.

5) Verificación de la corriente de cortocircuito

La constante K tiene entonces un valor diferente para cada combinación de tipo de conductor y aislamiento:

Metal	Aislamiento	K
Cobre	PVC	115
	EPR / XLPE	135
Aluminio	PVC	74
	EPR / XLPE	87

Con la ecuación $I^2t=K^2S^2$, se puede determinar el **tiempo máximo** que el conductor puede soportar la corriente de cortocircuito prevista. Este tiempo deberá coordinarse con las protecciones a instalar.

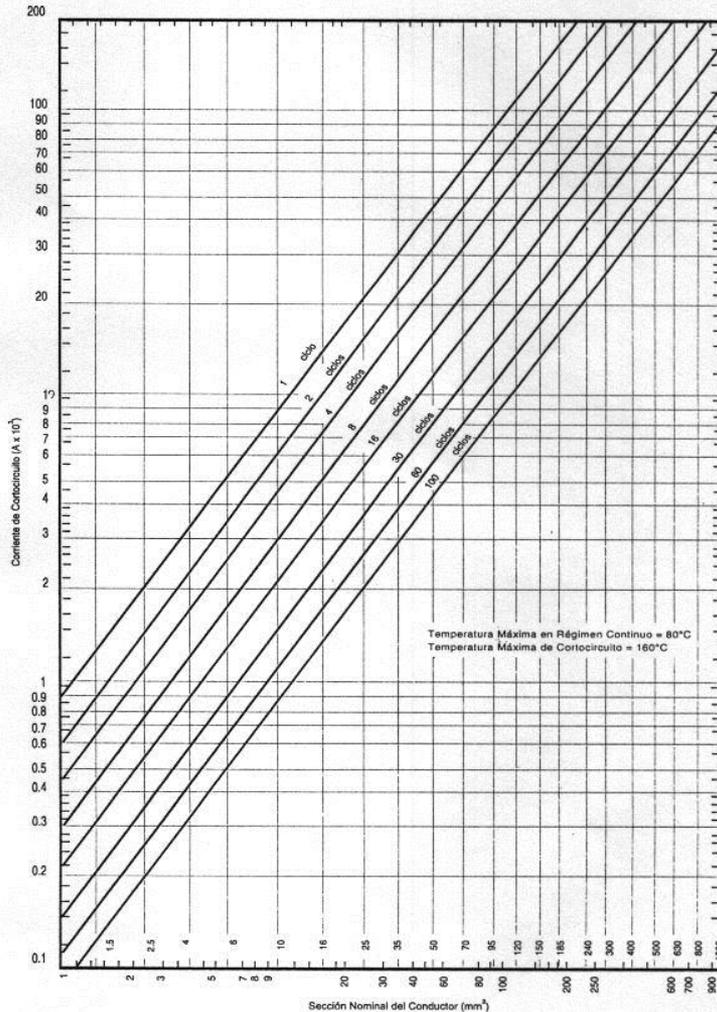
Conociendo el valor máximo de la energía que el cable puede absorber durante un CC, deberá seleccionarse una protección que **no permita** que dicho valor de energía máximo sea sobrepasado.

A estos efectos, los fabricantes de cables suministran tablas que relacionan las corrientes de CC, las secciones nominales y los tiempos. Se adjunta a modo de ejemplo, una de estas tablas:

5) Verificación de la corriente de cortocircuito

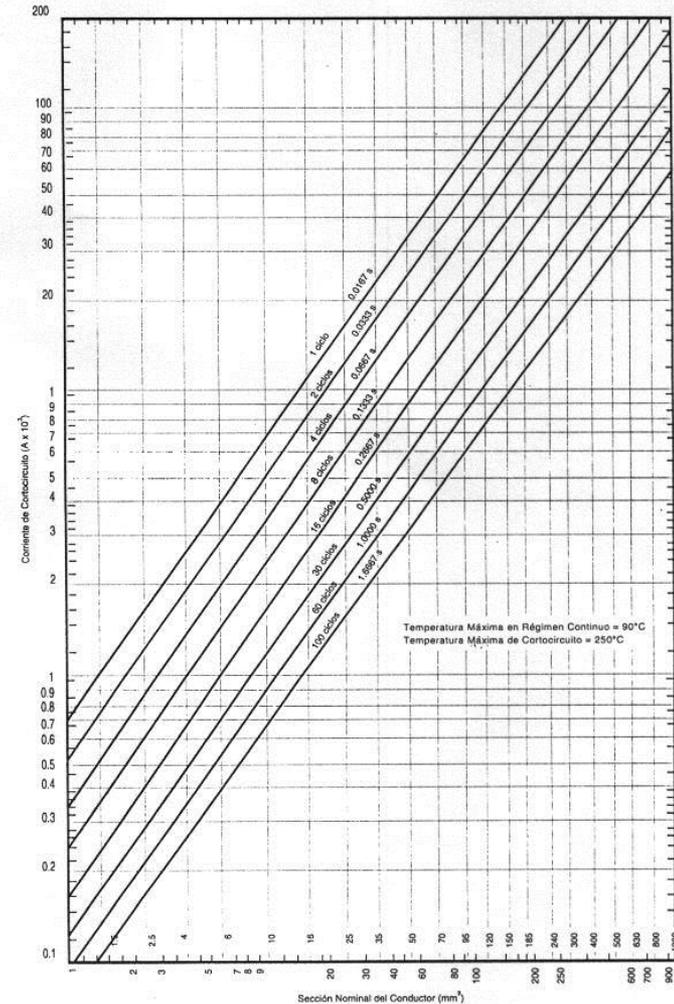
PAYTON PVC 1.1 kV

Conductor de Cobre.
 Conexiones Prensadas o Soldadas.



PAYTON XLPE

Conductor de Aluminio.
 Conexiones Prensadas.



6) Verificación de la sección por el criterio de caída de tensión

El conductor seleccionado debe generar caídas de tensión admisibles para el buen funcionamiento de la instalación y de los equipos conectados a la misma.

A los efectos de la utilización de este criterio, se considera la caída de tensión entre dos puntos 1 y 2 de la instalación como la diferencia de los módulos de las tensiones en los mismos; es decir:

$$\Delta U = \left| \overrightarrow{U}_1 \right| - \left| \overrightarrow{U}_2 \right|$$

Por el Reglamento de BT de UTE, la caída de tensión considerada desde el punto de entrada de la alimentación hasta los bornes del receptor en estudio debe cumplir:

$$\begin{aligned} \Delta U &\leq 3\% \text{ para cargas de iluminación} \\ \Delta U &\leq 5\% \text{ para cargas de fuerza motriz} \end{aligned}$$

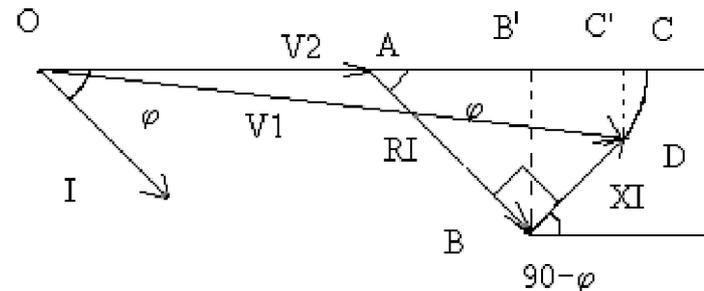
6) Verificación de la sección por el criterio de caída de tensión

Sea un conductor trifásico destinado a llevar la energía desde un extremo alimentador (1) hasta un extremo receptor (2), y sean:

- U_1 : tensión compuesta en V en el extremo alimentador (usualmente igual a U_n , tensión nominal de la instalación) ($V_1 = U_1 / \sqrt{3}$)
- U_2 : tensión compuesta en V en el extremo receptor ($V_2 = U_2 / \sqrt{3}$)
- ΔU : caída de tensión producida a lo largo del conductor, en V. (usualmente dada como un porcentaje de la tensión nominal U_n de la instalación).
- P : potencia activa consumida por la carga (W).
- $\cos \varphi$: factor de potencia de la carga.
- $Z_c = R + jX$: impedancia del conductor por fase (Ω).
- I : corriente en cada fase del conductor (A).
- σ : conductividad del conductor, en ($m / \Omega \text{ mm}^2$)
- S : sección del conductor (mm^2)

6) Verificación de la sección por el criterio de caída de tensión

Diagrama fasorial de la situación:



$$\frac{\bar{U}_1}{\sqrt{3}} = \bar{Z} \cdot \bar{I} + \frac{\bar{U}_1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow AC = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}} \approx OC' - OA = AB' + B'C' = RI \cos \varphi + XI \cos(90 - \varphi) = RI \cos \varphi + XI \operatorname{sen} \varphi \quad \Rightarrow \Delta U \approx \sqrt{3}(RI \cos \varphi + XI \operatorname{sen} \varphi)$$

Para cables de sección menor a 25mm² y cos φ cercanos a 1, la expresión anterior admite una versión simplificada:

$$\Rightarrow \Delta U \approx \sqrt{3}RI \cos \varphi$$

6) Verificación de la sección por el criterio de caída de tensión

Para ese caso:

$$P = \sqrt{3}U_2 I \cos \varphi \Rightarrow \sqrt{3}I \cos \varphi = \frac{P}{U_2} \Rightarrow \Delta U \approx \frac{RP}{U_2}$$

A su vez:

$$R = \frac{l}{\sigma S} \Rightarrow \Delta U \approx \frac{Pl}{\sigma S U_2} \Rightarrow S \approx \frac{Pl}{\sigma U_2 \Delta U}$$

$$S = \frac{Pl}{\sigma U_n \Delta U}$$

Esta es la fórmula aproximada para calcular caídas de tensión establecida en el Reglamento de UTE.

Usar secciones estándar!!!

7) Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas

La norma IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” establece en su tabla 52-2, la sección mínima que deben tener los conductores de línea por razones mecánicas:

Tipos de sistemas de canalizaciones		Uso del circuito	Conductor	
			Material	Sección nominal (mm ²)
Instalaciones fijas	Cables y conductores aislados	Circuitos de potencia e iluminación	Cobre	1.5
		Circuitos de control y señalización	Aluminio	2.5
	Conductores desnudos	Circuitos de potencia e iluminación	Cobre	0.5
		Circuitos de potencia e iluminación	Aluminio	10
		Circuitos de control y señalización	Aluminio	16
		Circuitos de control y señalización	Cobre	4
Conexiones flexibles con conductores aislados o cables	Para un aparato específico	Cobre	De acuerdo a la aplicación	
	Para cualquier aplicación		0.75	
	Circuitos de pequeñas tensiones p/aplicaciones especiales.		0.75	

7) Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas

El neutro deberá tener la **misma sección** que los conductores activos en los siguientes casos:

- Circuitos monofásicos de dos hilos de cualquier sección.
- Circuitos trifásicos de cuatro hilos cuando los conductores activos con $S \leq 16 \text{ mm}^2$ (Cu) o 25 mm^2 (Al).

Para circuitos trifásicos de cuatro hilos con conductores activos $S > 16 \text{ mm}^2$ (Cu) o 25 mm^2 (Al), el neutro podrá tener una **sección menor** siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- La corriente de neutro prevista (incluyendo armónicos) en servicio normal sea menor a la máxima capacidad de corriente de la sección que se coloque.
- El neutro se encuentre protegido contra sobrecorrientes.
- La sección mínima del conductor neutro sea por lo menos 16 mm^2 (Cu) y 25 mm^2 (Al).

7) Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas

El reglamento de UTE establece unas secciones mínimas requeridas dependiendo de la aplicación:

- Líneas repartidoras: 6 mm^2
- Iluminación residencial: 0.75 mm^2
- 1 solo tomacorriente: 1 mm^2
- Tomacorrientes en salto: 1.5 mm^2