

En la ITC-BT- 21 del Reglamento electrotécnico de baja tensión, se hace referencia a los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número de conductores, la sección de los conductores o cables a conducir y el sistema de instalación empleado.

Cuando el número de conductores o cables por tubo sea superior al de las tablas 2, 5, 7 y 9 de la citada instrucción y tengan la misma sección será necesario realizar el cálculo siguiente:

1.1. Conductores o cables con misma sección a introducir en el tubo.

$$\phi_{INTUBO} = \phi_{EXTCABLE(UNE)} \cdot \sqrt{n \cdot f_c} \text{ (mm)}$$

ϕ_{INTUBO} = Diámetro interior mínimo del tubo (mm)

$\phi_{EXTCABLE(UNE)}$ = Diámetro exterior del cable (buscar en Normas UNE según el conductor o cable a emplear)

n = número de conductores

f_c = factor corrector de sistema de instalación (Depende del sistema de instalación empleado)

- $f_c = 2,5$ para canalizaciones fijas en superficie
- $f_c = 3$ para canalizaciones empotradas
- $f_c = 4$ para canalizaciones aéreas o con tubos al aire
- $f_c = 4$ para canalizaciones enterradas

Nota: ITC-BT-21-1.1: La denominación de los tubos se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo será facilitado por el fabricante.

Tras haber calculado el diámetro interior del tubo (ϕ_{INTUBO}), el siguiente paso es buscar su diámetro interior comercial en el catálogo del fabricante y este último dato nos llevará al diámetro exterior necesario para el número de conductores calculado.

Ejemplo de aplicación 1:

Supongamos que se quiere alojar 9 conductores unipolares tipo ES 07Z1-K de 1,5 mm² de sección en el interior de una canalización fija en superficie. Calcular el diámetro exterior del tubo.

Paso 1: Cálculo del diámetro interior del tubo.

Fórmula necesaria para el cálculo:

$$\phi_{INTUBO} = \phi_{EXTCABLE(UNE)} \cdot \sqrt{n \cdot f_c} \text{ (mm)}$$

$\phi_{EXTCABLE(UNE)}$: Según la tabla de diámetros de conductores (UNE 211002)

$n = 9$ conductores

$f_c = 2,5$ será el factor de corrección a considerar al tratarse de una canalización fija en superficie y según (ITC- BT-21-1.2.1)

1	2	3		5
		4		
Sección nominal de los conductores	Espesor de aislamiento Valor especificado	Diámetro exterior medio		Resistencia de aislamiento mínima a 70 °C
		Límite inferior	Límite superior	
mm ²	mm	mm	mm	MΩ · km
1,5	0,7	2,8	3,4	0,010
2,5	0,8	3,4	4,1	0,0095
4	0,8	3,9	4,8	0,0078
6	0,8	4,4	5,3	0,0068
10	1,0	5,7	6,8	0,0065
16	1,0	6,7	8,1	0,0053
25	1,2	8,4	10,2	0,0050
35	1,2	9,7	11,7	0,0043
50	1,4	11,5	13,9	0,0042
70	1,4	13,2	16,0	0,0036
95	1,6	15,1	18,2	0,0036
120	1,6	16,7	20,2	0,0032
150	1,8	18,6	22,5	0,0032
185	2,0	20,6	24,9	0,0032
240	2,2	23,5	28,4	0,0031

Tabla 1- Datos generales para el tipo de cable ES 07Z1-K (UNE 211002:04)

$$\phi_{INTUBO} = 3,4 \cdot \sqrt{9 \cdot 2,5} = 16,13 \text{ mm}$$

Paso 2: Escoger el ϕ_{INTUBO} comercial en el catálogo de fabricante.

TIPO	COMPOSICIÓN	Ø EXT mm	TOL. mm	Ø INT. MIN. mm	LONG m	TOLER. mm	Nº ESP	SECUENCIA DE ESPIRAS	CAPAS	RADIO MIN. CURV. mm	Nº ATA.
AISCAN-CHF-16	TERMOPLÁSTICOS EXENTO HALOGENOS	16	+0 -0,3	10,7	100	+2 -1	94	11-10-11-10-11-10-11-10-10	9	48	4
AISCAN-CHF-20	"	20	+0 -0,3	13,4	100	+2 -1	77	9-8-9-8-9-8-9-8-9	9	60	4
AISCAN-CHF-25	"	25	+0 -0,4	18,5	75	+2 -1	56	8-8-8-8-8-8-8	7	75	4
AISCAN-CHF-32	"	32	+0 -0,4	24,3	50	+2 -1	39	7-6-7-6-7-6	6	96	4
AISCAN-CHF-40	"	40	+0 -0,4	31,2	25	+1 -0,5	20	5-5-5-5	4	160	4
AISCAN-CHF-50	"	50	+0 -0,5	39,6	25	+1 -0,5	18	4-3-4-3-4	5	200	4

Tabla 2- Ej. Características para tubos corrugados (curvables)- Especificaciones del producto. Marca AISCAN CHF.

El $\phi_{INTUBO} = 16,13$ mm calculado corresponde en el catálogo del fabricante a 18,5 mm, con lo cual el diámetro exterior mínimo del tubo (ϕ_{EXTUBO}) es **25 mm**.

1.2.- Conductores o cables con distinta sección a introducir en el tubo.

Cuando el número de conductores o cables por tubo sea superior al de las tablas 2, 5, 7 y 9 de la ITC -21 y tengan distinta sección será preciso realizar el cálculo siguiente:

$$\phi_{INTUBO} = \sqrt{f_c \cdot ((\phi_{EXT C1})^2 \cdot n1 + (\phi_{EXT C2})^2 \cdot n2 + \dots)} \text{ (mm)}$$

$\phi_{INT TUBO}$ = Diámetro interior mínimo del tubo (mm)

$\phi_{EXT C}$ = Diámetro exterior de los distintos conductores o cables

$n1, n2$ = Número de conductores de cada sección

f_c = factor corrector de sistema de instalación (Depende del sistema de instalación empleado)

- $f_c = 2,5$ para canalizaciones fijas en superficie
- $f_c = 3$ para canalizaciones empotradas
- $f_c = 4$ para canalizaciones aéreas o con tubos al aire
- $f_c = 4$ para canalizaciones enterradas

Nota: ITC-BT-21-1.1: La denominación de los tubos se realizará en función del diámetro exterior. . El diámetro interior mínimo será facilitado por el fabricante.

Tras haber calculado el diámetro interior del tubo ($\phi_{INT TUBO}$), el siguiente paso es buscar su diámetro interior comercial en el catálogo del fabricante y este último dato nos llevará al diámetro exterior necesario para el número de conductores calculado.

Ejemplo de aplicación 2:

Supongamos que se quiere alojar 12 conductores unipolares tipo ES 07Z1-K de 2,5 mm² y otros 5 de 1,5 mm² de sección, en el interior de un tubo empotrado. Calcular el diámetro exterior del tubo.

Paso 1: Cálculo del diámetro interior del tubo.

Fórmula necesaria para el siguiente cálculo:

$$\phi_{INT TUBO} = \sqrt{f_c \cdot ((\phi_{EXT C1})^2 \cdot n1 + (\phi_{EXT C2})^2 \cdot n2 + \dots)} \text{ (mm)}$$

$\phi_{EXT C1}$ = 4,1 mm Según la tabla de diámetros de conductores (UNE 211002 tabla 1)

$\phi_{EXT C2}$ = 3,4 mm Según la tabla de diámetros de conductores (UNE 211002 tabla 1)

$n1$ = 12 conductores.

$n2$ = 5 conductores.

$f_c = 3$ será el factor de corrección a considerar al tratarse de una instalación empotrada y según (ITC- BT-21- 1.2.2)

$$\phi_{INT TUBO} = \sqrt{3 \cdot (4,1^2 \cdot 12 + 3,4^2 \cdot 5)} = 27,9 \text{ mm}$$

Paso 2: Escoger el $\phi_{INT TUBO}$ comercial en el catálogo de fabricante (tabla 2).

El $\phi_{INT TUBO} = 27,9$ mm calculado corresponde en el catálogo del fabricante a 31,2 mm, con lo cual el diámetro exterior mínimo del tubo ($\phi_{EXT TUBO}$) es **40 mm**.