

SELECCIÓN DEL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO EN TUBERÍA (CONDUIT) DE ACUERDO CON LA NORMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM-001-SEDE-2012

La transmisión de energía eléctrica en forma segura y eficiente depende de una correcta selección del calibre del conductor.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tipo de instalación (Conduit, charola, ducto subterráneo, etc.), del arreglo de los conductores (plano, trébol, etc.), de la temperatura de operación de los conductores seleccionados, de la longitud del circuito, etc. Debido a lo anterior, se debe realizar un estudio completo de la instalación eléctrica diseñada.

A continuación se indica como calcular la capacidad de conducción de corriente para conductores eléctricos en tubería conduit de acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE- 2012, la cual no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

1. Elegir el tipo de producto requerido en función de su aplicación, materiales, construcción y temperatura del conductor. Se recomienda consultar el catálogo Latincasa de Alambres y Cables de Baja Tensión para Construcción y Distribución.
2. Determinar la corriente nominal de la carga, utilizando las fórmulas indicadas en la tabla siguiente, de acuerdo con el tipo de sistema eléctrico (de corriente continua, de corriente alterna monofásico o trifásico) y del tipo de carga (motores, alumbrado u otras cargas).

Conociendo	c.c.	c.a. 1Φ	c.a. 3Φ
CP (HP)	$\frac{HP \times 746}{V \times \eta}$	$\frac{HP \times 746}{V \times \eta \times fp}$	$\frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times fp}$
kW	$\frac{kW \times 1000}{V}$	$\frac{kW \times 1000}{V \times fp}$	$\frac{kW \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times fp}$

Donde:

CP (HP) = Caballos de fuerza o potencia del motor

kW = Potencia en kilowatt

V = Tensión nominal del sistema en Volts

η = Eficiencia del motor (Valor típico 0,8)

fp = Factor de potencia (Valor típico 0,9)

NOTA: Para conductores que alimenten un solo motor, la corriente nominal a plena carga se multiplicará por 1,25 (artículo 430-22). En el caso de varios motores, a la suma de la corriente a plena carga de los motores se le sumará el 25% de la corriente del motor más grande (artículo 430-24).

3. Seleccionar el calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente del cable, que depende del tipo del aislamiento, de la temperatura de operación y del método de instalación, utilizando la Tabla 310-15(b)(16).

NOTA: De acuerdo al artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2012, si la corriente en el circuito es mayor a 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75°C. Si la corriente del circuito es menor de 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 60°C.

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18**	—	—	14	—	—	—
1.31	16**	—	—	18	—	—	—
2.08	14**	15	20	25	—	—	—
3.31	12**	20	25	30	—	—	—
5.26	10**	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

4. Una vez elegido el calibre del conductor, corregir la capacidad de conducción de corriente tomada de la tabla anterior, en función de la temperatura ambiente del lugar de instalación, para ello se multiplica por el factor de corrección que se indica en la tabla siguiente:

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

5. Si existen más de 3 conductores en tubería (conduit) portadores de corriente, corregir la capacidad de conducción de corriente multiplicando ésta por los factores de la Tabla 3.

Tabla 3. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Factor de corrección por agrupamiento
De 4 a 6	0,80
De 7 a 9	0,70
De 10 a 20	0,50
De 21 a 30	0,45
De 31 a 40	0,40
De 41 y más	0,35

6. Calcular la caída de tensión de la instalación utilizando las fórmulas siguientes:

Circuitos Monofásicos

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{V_o} \times 100$$

Circuitos Trifásicos

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{V_{ff}} \times 100$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión en el cable, en %

I = Corriente eléctrica que circula a través del conductor, en A

L = Longitud total del circuito, en km

V_o = Tensión de fase a neutro, en V

V_{ff} = Tensión entre fases, en V

Z = Impedancia eléctrica del cable, en Ω/km

La impedancia eléctrica del cable Z, expresada en ohm/km, está dada por la siguiente fórmula:

$$Z = R \cos \Phi + X_L \sin \Phi$$

En forma aproximada sin considerar el factor de potencia (fp) la impedancia (Z) puede ser calculada con la fórmula siguiente:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Donde:

R = Resistencia del conductor a la c.a. y a la temperatura de operación, en Ω/km

X_L = Reactancia inductiva del conductor, en Ω/km

fp = $\cos \Phi$

Φ = Es el ángulo del factor de potencia (fp)

La siguiente tabla contiene la resistencia en corriente alterna a 75°C, la reactancia inductiva y la impedancia para cables de 600 V. Tres cables monopolares en un mismo tubo (conduit).

Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C.

Tres conductores individuales en un tubo conduit.

Area mm ²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro													
		X _L (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio		
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—
13.30	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia sólo son válidos a 75 °C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600 volts que operen a 60 Hz.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$, en donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Ze) se puede calcular a partir de los valores de R y XL dados en esta tabla, como sigue: $Z_e = R \times FP + X_L \sin[\arccos(FP)]$.

La NOM-001-SEDE-2012 indica que la caída de tensión máxima permitida en la instalación tomando en consideración los cables del circuito alimentador y del circuito derivado, no debe ser mayor del 5%.

Para el caso del circuito derivado, la caída de tensión no deberá ser mayor de 3% y debe considerarse una caída de tensión máxima de 2% para el circuito alimentador.

Si la caída de tensión resultante del cálculo es mayor a lo anterior, debemos considerar un calibre mayor, volver a realizar los cálculos y verificar que se cumplan los porcentajes de caída de tensión sugeridos.

7. De acuerdo a NOM-001-SEDE-2012 es necesario instalar el conductor de puesta a tierra de equipos en todos los alambrados. Para seleccionar el calibre de puesta a tierra de equipos nos basaremos en la Tabla 250-122, la cual indica el calibre mínimo para la puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

Este conductor de puesta a tierra de equipos puede ser conductor desnudo o aislado. Si es aislado, el color de identificación del aislamiento debe ser verde.