



M.I. Rodolfo Castillo López  
Viakable Operaciones S.A. de C.V.  
Perito - CIMENL – 017/2016

# Dimensionamiento de conductores eléctricos

## I. Introducción

Es importante mencionar que uno de los principales riesgos en la seguridad de las personas y sus bienes se encuentra en su propia casa, oficina o lugar de trabajo, al no tener un correcto dimensionamiento y selección de los conductores eléctricos. En muchas ocasiones este hecho no depende de los propietarios sino más bien de las personas que, proyectan, diseñan y construyen las instalaciones eléctricas.

Los daños que genera el mal dimensionamiento y uso de los conductores en una instalación eléctrica se pueden resumir en:

- Cortes de suministro
- Riesgos de incendio
- Pérdidas de energía

Como se puede apreciar, el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas, por lo que realizaremos un ejemplo para su correcta selección mediante tres métodos:

- Por ampacidad
- Por caída de voltaje
- Por corto circuito

### 1. Selección de conductor por ampacidad

De acuerdo con el artículo 100 de la NOM- 001-SEDE-2012, la Ampacidad es la corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente, bajo las condiciones de uso, sin exceder su rango de temperatura.

Los valores de ampacidad son calculados por el método de Neher-McGrath, desarrollado en 1957, el cual sirve para estimar la temperatura en estado estable de los conductores eléctricos.

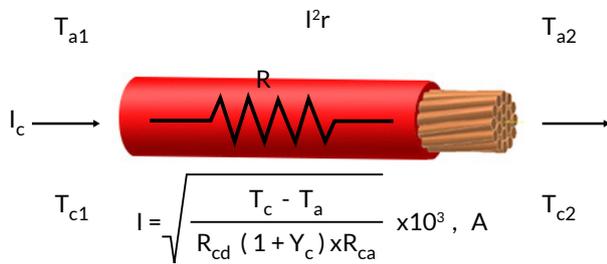
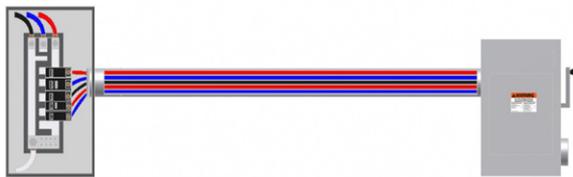


Figura 1. Fórmula de Neher – McGrath.

Utilizando las fórmulas eléctricas ya conocidas podemos determinar la ampacidad en función de los kW, kVA o HP. Para el siguiente ejercicio la corriente que demanda la carga es de 92 A.

El tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador 215 - 2 (a) (1) y derivado 210 - 19 (a) (1) antes de la aplicación de cualquier factor de ajuste o corrección deberá tener una ampacidad permisible no menor que la carga no lineal más el 125 por ciento de la carga lineal.



THHW-LS @ 90°C.  
Temperatura ambiente de 43°C.  
Longitud del circuito 20m.

Figura 2. Condiciones iniciales.

Como la instalación está en canalización, tomamos la tabla de la NOM-001-SEDE-2012, 310-15 (b) (16) para canalización circular. Es importante comentar que necesitamos aplicar factores de corrección por temperatura a 43°C y factores de ajuste para 5 conductores.

Para entender que columna de la tabla 310- 15 (b) (16) debemos seleccionar, vamos a dictar las reglas por limitación de temperatura de acuerdo con el artículo 110-14(c)(1), las cuales se resumen en lo siguiente:

- Para circuitos hasta 100 A o conductores de tamaños 14 AWG hasta 1 AWG la columna de 60°C.
- Para circuitos mayores a 100 A o conductores de tamaños mayores a 1 AWG la columna de 75°C.
- Se permite utilizar conductores con temperatura nominal mayor cuando se utilizan factores de ajuste por temperatura, corrección por ampacidad 110-14(c) la columna de 90°C.

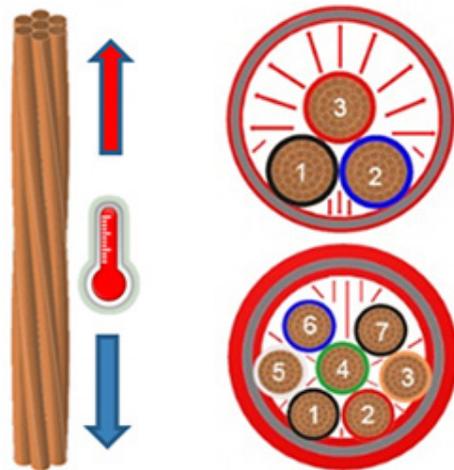


Figura 3. Como afectan los factores.

De acuerdo con lo anterior aplicamos la siguiente fórmula:

$$I_{\text{Corregida}} = \frac{(I_n) (1.25)}{(FCT) (FCA)}$$

Donde:

- $I_n$  = Corriente que demanda la carga.
- FCT = Factor de corrección por temperatura.
- FCA = Factor de corrección por ajuste.



<b>Tabla 310-15(b)(2)(a). Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30°C</b>			
Temperatura ambiente	Rango de temperatura del conductor		
	60°C	75°C	90°C
10 o menos	1.29	1.2	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	1	1
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

Tabla 1. Factores de corrección temperatura.

<b>Tabla 310-15(b)(3)(a). Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable</b>	
Número de conductores <sup>1</sup>	Porcentaje de los valores en las tablas de ampacidad ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

<sup>1</sup> Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).

Tabla 2. Factores de corrección ajuste.

Columna de 75°C

$$I_{\text{Corregida}} = \frac{(92)(1.25)}{(0.82)(0.80)} = 175 \text{ A}$$

De acuerdo con 310-15(b) (16) 2/0 AWG.  
Columna de 90°C.

$$I_{\text{Corregida}} = \frac{(92)(1.25)}{(0.87)(0.80)} = 165 \text{ A}$$

De acuerdo con 310-15(b) (16) 1/0 AWG

Como podemos observar aplicando factores de corrección tanto por temperatura como por ajuste, es posible seleccionar una columna de una temperatura de operación mayor 90°C y disminuir de calibre al 1/0 AWG, todo lo anterior estará en función de las terminales.

## 2. Cálculo de ampacidad por caída de tensión

Uno de los aspectos primordiales al dimensionar los conductores que forman parte de una instalación eléctrica, luego del cumplimiento de la ampacidad (capacidad de conducción de corriente), es el porcentaje de caída de tensión, denominado también en el ámbito técnico, porcentaje de regulación.

La caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor. El calibre seleccionado debe verificarse por la caída de tensión en la línea.

Al suministrar corriente a una carga por un medio de un conductor, se experimenta una caída en la tensión y una disipación de la energía en forma de calor.

$$V = IR$$

Dónde:

V = Es la caída de tensión.

I = Es la corriente del conductor.

R = Es la resistencia a corriente directa (C.D.) del conductor por unidad de longitud.

Para circuitos de corriente alterna (C.A.) la caída de tensión depende de la corriente de carga, del factor de potencia y de la impedancia de los conductores (en este circuito es común la combinación de resistencias, capacitancias e inductancias). Por lo anterior la caída de tensión se expresa como:

$$V = IZ$$

Siendo Z la impedancia, en el capítulo 10 tabla 9 de la norma de instalaciones eléctricas NOM-001 se establece que, multiplicando la corriente por la impedancia eficaz se obtiene un valor bastante aproximado de la caída de tensión entre fase y neutro, la fórmula se define de la siguiente manera:

$$Z_{EF} = R \cos \theta + X \sin \theta$$

Dónde:

$\theta$  = Es el ángulo del factor de potencia

R = Es la resistencia de corriente alterna del conductor

X = Es la reactancia del conductor

Por otro lado

$$X = X_L + X_C$$

Dónde:

$X_L$  = Es la reactancia inductiva

$X_C$  = Es la reactancia capacitiva

Considerando que las distancias de las redes eléctricas en sistemas de distribución de cables para media tensión implican longitudes cortas, se puede depreciar los efectos capacitivos. Así mismo para sistemas de distribución de cables de baja tensión estos efectos capacitivos también son depreciables debido a las bajas tensiones de operación (menos de 600V); por lo tanto, se pueden tener en cuenta solamente la resistencia y la reactancia inductiva, simplificando los cálculos con una buena aproximación. Por esta razón podemos reemplazar la fórmula de la reactancia X por la reactancia inductiva  $X_L$  (es decir, despreciando la reactancia capacitiva) como a continuación se muestra:

$$Z_{EF} = R \cos \theta + X_L \sin \theta$$

Regulación o caída de tensión.

La caída de tensión ( $\Delta V = V_s - V_r$ ) se calcula mediante la siguiente fórmula:

Para circuitos monofásicos como el del ejemplo con la fórmula:

$$\Delta V_{FASE-NEUTRO} = Z_{EF} 2 L I$$

Dónde:

$\Delta V$  = Es la caída de tensión en volts

L = Es la longitud del circuito en Km

I = Es la corriente del circuito

$Z_{EF}$  = Es la impedancia eficaz en  $\Omega/\text{Km}$

$V_r$  = Voltaje

Finalmente, la regulación de tensión o porcentaje de caída de tensión que se define como:

$$\% \text{ Caída de tensión} = \frac{\Delta V}{V_r} 100$$

Terminando el ejemplo anterior:

De la tabla 9 capítulo 10 de la NOM obtenemos los parámetros para el calibre 1/0 AWG que fue el seleccionado.

Ohms al neutro por kilómetro			
Calibre AWG/kcmil	XL	Rca	Z
2	0.148	0.66	0.62
1	0.151	0.52	0.52
1/0	0.144	0.43	0.43
2/0	0.141	0.33	0.36
3/0	0.138	0.269	0.302
4/0	0.135	0.220	0.256

Tabla 3. Parámetros eléctricos (extracto).

FP = Cos $\theta$	sen $\theta$
1.00	0.00
0.95	0.31
0.90	0.44
0.85	0.53
0.80	0.60
0.75	0.66
0.70	0.71

Tabla 4. Valores de FP (Cos  $\theta$ ) y Sen  $\theta$

1. Calcular la impedancia eficaz.

Rca = 0.43  $\Omega/\text{Km}$

$X_L$  = 0.144  $\Omega/\text{Km}$

FP = 0.85

L = 0.02 Km

I = 170 A

V = 120/240

$Z_{EF} = R \cos \theta + X_L \sin \theta$

$Z_{EF} = 0.43 (0.85) + 0.144 (0.53)$

$Z_{EF} = 0.442 \Omega/\text{Km}$

2. Encontrar la caída de tensión fase a neutro.

$$\Delta V_{\text{FASE-NEUTRO}} = Z_{\text{EF}} 2 L I$$

$$\Delta V_{\text{FASE-NEUTRO}} = (0.442)2(0.02)(170)$$

$$\Delta V_{\text{FASE-NEUTRO}} = 3.00 \text{ V}$$

3. Encontrar el porcentaje de la caída de tensión.

$$\% \text{ caída de tensión} = \frac{\Delta V}{V_r} 100$$

$$\% \text{ caída de tensión} = \frac{3.00}{120} 100 = 2.5\%$$

Por el resultado cumple con la caída de tensión de acuerdo con el artículo 210-19 (a)(1) Nota 4 y 215-2 (b) Nota 1, donde los conductores de circuitos derivados dimensionados para evitar una caída de tensión mayor que 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, de fuerza, de alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión combinada de los circuitos alimentadores y de los circuitos derivados hasta el contacto más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficiencia de funcionamiento.

#### 4. Cálculo de ampacidad por corto circuito

Bajo condiciones de corto circuito, se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables (conductor), cuando están diseñados para soportar tal incremento, el límite dependerá de la temperatura máxima admisible a la cual no se deteriora el aislamiento.

Temperatura máxima admisible en condiciones de corto circuito (°C)	
Tipo de Aislamiento	Conductor (°C)
Termofijos (XLP o EPR)	250
Termoplásticos (PVC o PE)	150
Papelimpregnado de aceite	200

Tabla 2. Factores de corrección ajuste.

La norma ICEA P-32-382 nos proporciona las curvas de corto circuito para conductores, dependiendo del tipo de aislamiento (papel, termofijo, termoplástico). Dichas tablas están basadas en la siguiente fórmula o de acuerdo con la Art.240-92(b):

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = K \log \frac{T_2 + T}{T_1 + T}$$

Dónde:

I = Corriente de cortocircuito conductor  
 K = Constante que depende del material (en este caso termoplástico será 0.0297)  
 A = Área de sección transversal circular mil  
 t = Tiempo del corto circuito en segundos  
 T = Temperatura °C (bajo cero) donde se tiene una resistencia nula (234 para el cobre y 228 aluminio)  
 T<sub>1</sub> = Temperatura inicial del conductor °C 90°C.  
 T<sub>2</sub> = Temperatura final del conductor °C 150°C.

La corriente de corto circuito para el calibre 1/0 con un tiempo de 30 ciclos (0.5 seg.) es de 10, 739 A.

#### Conclusiones

Es necesario considerar todos los factores que afectan la ampacidad y el dimensionamiento de los conductores eléctricos como lo son: el número de conductores, la temperatura ambiente, la longitud del circuito y la temperatura máxima admisible en condiciones de corto circuito.

#### Referencias

NOM-001-SEDE-2012