

Boletín 25

CONDUCTORES EN PARALELO SOBRE BANDEJAS PORTACABLES

Boletín técnico N°25
PARTE 1
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

CONDUCTORES EN PARALELO SOBRE BANDEJAS PORTACABLES.

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
 GERENTE NACIONAL
 MERCADEO Y VENTAS
 División materiales eléctricos

Colocar conductores de fase conectados en paralelo proporcionan ahorro de cobre en instalaciones canalizaciones mediante bandejas portacables.

Los sistemas de canalización mediante bandejas portacables tienen múltiples ventajas sobre las canalizaciones por tuberías eléctricas, entre algunas de sus ventajas se encuentra la instalación de conductores en paralelo sobre las realizadas en canalizaciones por tubería eléctrica donde estas requieran conductores de fase instalados en paralelo.

Para los circuitos de gran capacidad de corriente, las instalaciones con sistemas de canalización eléctrica más prácticas son aquellas donde los conductores de tamaño razonable son adecuados para manejar los requerimientos de corriente del circuito en paralelo por cada fase.

Un uso más eficiente del material del conductor es colocando los conductores de fase en paralelo en lugar de emplear un solo conductor muy grande por fase.

Ejemplo de aplicación.

Para ilustrar lo comentado anteriormente, vamos a desarrollar un ejemplo práctico, imaginemos que para una instalación industrial se requieren alimentadores para un sistema trifásico con capacidad de 500 amperios, con una longitud de 150 metros, que opera a 480 voltios, estos alimentadores serán instalados donde pueden estar expuestos a humedad y donde la temperatura ambiente máxima registrada es de 42 grados centígrados.

Para esta instalación podemos emplear un conductor de cobre de 75°C con aislamiento THW/THWN, teniendo en cuenta que se debe realizar una corrección de la capacidad del circuito debido a la temperatura ambiente, para ello aplicamos lo establecido en la tabla 310.16 del CEN, donde el factor de corrección de la corriente que debemos emplear debido a la temperatura ambiente de 42°C es de 0,82 que se encuentra en la tercera columna con referencia a la quinta fila de temperatura comprendida entre 41-45 °C.

TABLA 310.16

Ampacidades admisibles de los conductores aislados para voltajes nominales de 0 a 2000 Voltios y 60 °C a 90 °C con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cables o directamente enterrados, basadas en una temperatura ambiente de 30°C.

| Calibre de los conductores | Régimen de temperatura del conductor (ver tabla 310.13A) | | |
|----------------------------|--|---|--|
| | 60° C | 75° C | 90° C |
| AWG/ Kcmil | TIPOS TW*, UF* | TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE* | TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2 |
| | COBRE | | |
| 18 | .... | .... | 14 |
| 16 | .... | .... | 18 |
| 14 | 20* | 20* | 25* |
| 12 | 25* | 25* | 30* |
| 10 | 30 | 35* | 40* |
| 8 | 40 | 50 | 55 |
| 6 | 55 | 65 | 75 |
| 4 | 70 | 85 | 95 |
| 3 | 85 | 100 | 110 |
| 2 | 95 | 115 | 130 |
| 1 | 110 | 130 | 150 |
| 1/0 | 125 | 150 | 170 |
| 2/0 | 145 | 175 | 195 |
| 3/0 | 165 | 200 | 225 |
| 4/0 | 195 | 230 | 260 |
| 250 | 215 | 255 | 290 |
| 300 | 240 | 285 | 320 |
| 350 | 260 | 310 | 350 |
| 400 | 280 | 335 | 380 |
| 500 | 320 | 380 | 430 |
| 600 | 355 | 420 | 475 |
| 700 | 385 | 460 | 520 |
| 750 | 400 | 475 | 535 |
| 800 | 410 | 490 | 555 |
| 900 | 435 | 520 | 585 |
| 1000 | 455 | 545 | 615 |
| 1250 | 495 | 590 | 665 |
| 1500 | 520 | 625 | 705 |
| 1750 | 545 | 650 | 735 |
| 2000 | 560 | 665 | 750 |

| FACTORES DE CORRECCION | | | |
|--------------------------------|---|------|------|
| Temperatura Ambiente °C | Para temperatura ambiente distintas a 30°C, se multiplican las ampacidades anteriores por los factores apropiados siguientes | | |
| 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 |
| 61-70 | .... | 0,33 | 0,58 |
| 71-80 | .... | .... | 0,41 |

* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*), no deben superar los 15 Ampere para el número 14 AWG; 20 Ampere para el número 12 AWG y 30 Ampere para el número 10 AWG, todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 AWG y 25 Ampere para el número 10 AWG de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y número de conductores temperatura.

Ajustando o aplicando el factor de corrección a la capacidad del circuito de 500 amperios obtenemos 610 amperios, para ello solo operamos como sigue:

$$\text{Nueva capacidad} = 500 \text{ amp} / 0.82 = 610 \text{ amperios}$$

Es importante aclarar que la tabla 310.16 que se muestra en este boletín técnico corresponde a la del CEN, no obstante, solo se suministran las columnas para conductores de cobre, por ser el material del ejemplo que nos ocupa. De requerirse la información completa favor consultar la tabla en el CEN.

Para la instalación descrita anteriormente dependiendo de la canalización utilizada y del tipo de conductor, vamos a realizar su análisis para los siguientes casos:

1. Canalización mediante tuberías conduits.
2. Canalización mediante bandejas portacables con cables multiconductores.
3. Canalización mediante bandejas portacables con cables monopares.

1. Canalización mediante tuberías conduits.

Para comenzar este análisis vamos a ver primero lo que establece el artículo 310.15(B)(2) Factores de Ajuste en su apartado (a). Más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

Este artículo establece que cuando el número de conductores portadores de corriente en una canalización o en un cable es mayor de tres, o cuando los conductores unipolares o cables multiconductores estén agrupados o empaquetados por más de 610 mm sin mantener separación y no estén instalados en canalizaciones, la ampacidad de cada conductor se reducirá como se ilustra en la Tabla 310.15(B)(2)(a).

NOTA 1: Ver Tabla B.310.11 Apéndice B para los factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable con diversidad de carga.

Excepción No.1: Cuando conductores de sistemas diferentes, como se establece en 300 .3, estén instalados en una canalización o cable común, los factores de corrección presentados en la Tabla 310.15(B)(2)(a) se aplicarán solamente al número de conductores de potencia y de alumbrado (Secciones 210, 215, 220 y 230).

Excepción No. 2: A los conductores instalados en bandejas portacables se aplicará lo establecido en 392.11.

Excepción No.3: Estos factores de corrección no se aplican a conductores en niples cuya longitud no excede los 600 mm.

Excepción No. 4: Estos factores de corrección no se aplicarán a los conductores subterráneos que entran o salen de una zanja exterior, si están protegidos físicamente por tubos de metal rígidos, tubos de metal intermedios o tubos no metálicos rígidos de una longitud no superior a 3,05 m y el número de los conductores no pasa de cuatro.

Excepción No. 5: Estos factores de corrección no se aplicarán a los tipos de cables AC y MC sin una cubierta externa continua bajo las condiciones siguientes:

- a) Si cada cable no tiene más de tres conductores portadores de corriente.
- b) Si los conductores son de cobre, de calibre 12 AWG.
- c) Si no más de 20 conductores portadores de corriente están amarrados, apilados o soportados por anillos de brida (bridle rings).

Un factor de ajuste del 60% será aplicado cuando los conductores portadores de corriente en estos cables estén apilados o amarrados excediendo 600 mm sin mantenerse espaciados, sobrepasa los veinte.

Con base a lo establecido en el artículo 310.15(B)(2) del CEN las canalizaciones mediante tuberías eléctricas están sometidas a factores de corrección en sus conductores, para nuestro caso el factor de corrección o de ajuste de la

capacidad para 6 cables con dos conductores por fase en una misma tubería es de 0,80 tomado de la columna 2 referido la cantidad de cables entre 4 - 6 de la fila 1. La corrección o ajuste de la capacidad del circuito es como sigue:

Nueva capacidad = 610 amperes / 0.8 = 763 amperios.

De este resultado, tenemos que el calibre de los conductores requeridos debe ser capaz de conducir 763 amperes, para lograrlo dividimos por 2 esta corriente obteniendo 382 amperios, esto debido a que emplearemos 2 conductores por fase, al buscar esta capacidad en las tablas de conductores, de fabricantes elegimos el conductor de calibre 500 MCM de cobre con tiene una capacidad de 380 amperios.

Recuerde que los cables de calibres grandes al ser halados en el interior de la tubería eléctrica su aislamiento está sometido a procesos abrasivos, por lo tanto, para este tipo de instalación el aislamiento más adecuado es el XHHW debido a que sus características mecánicas son superiores que aquéllos con aislamiento de THHN/THWN.

Tabla 310.15 (B)(2)(a) Factores de Ajuste para Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una Canalización o Cable.

| Número de conductores portadores de corriente | Porcentaje de los valores en las tablas 310.16 a 310.19, ajustadas para la temperatura ambiente, si es necesario |
|---|--|
| 4 - 6 | 80 |
| 7 - 9 | 70 |
| 10 - 20 | 50 |
| 21 - 30 | 45 |
| 31 - 40 | 40 |
| 41 - en adelante | 35 |

El peso del cobre de los conductores de fase para esta instalación lo obtenemos mediante la operación: 2,33 Kgs/m x 180 mts x 6 conductores = 2.516 Kgs. De donde, empleamos el peso del conductor dado por el fabricante, la longitud y cantidad de cables por fase es dato.

Para realizar la puesta a tierra de esta instalación con tuberías eléctricas, el conductor de puesta a tierra equipos CPTe puede elegirse como sigue:

- La tubería eléctrica puede emplearse como el conductor de puesta a tierra de equipos CPTe, tal como se observa en la figura 1.

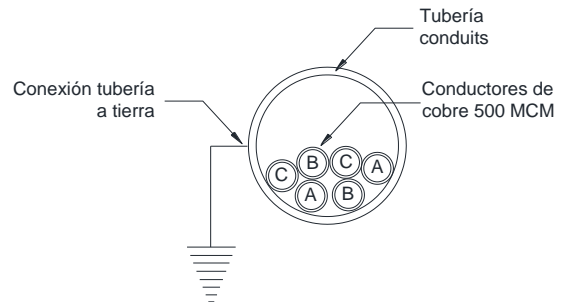


Figura 1
Tubería conduits utilizada como conductor CPTe

| TABLA 250.122 del CEN Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos y canalizaciones | | |
|--|---------------------|---|
| Régimen o ajuste máximo de dispositivos de sobrecorriente automáticos ubicado del lado de la alimentación (Amperios) | Calibre AWG o Kcmil | |
| | Cobre | Aluminio o Aluminio recubierto de cobre |
| 15 | 14 | 12 |
| 20 | 12 | 10 |
| 30 | 10 | 8 |
| 40 | 10 | 8 |
| 60 | 10 | 8 |
| 100 | 8 | 6 |
| 200 | 6 | 4 |
| 300 | 4 | 2 |
| 400 | 3 | 1 |
| 500 | 2 | 1/0 |
| 600 | 1 | 2/0 |
| 800 | 1/0 | 3/0 |
| 1000 | 2/0 | 4/0 |
| 1200 | 3/0 | 250 |
| 1600 | 4/0 | 350 |
| 2000 | 250 | 400 |
| 2500 | 350 | 600 |
| 3000 | 400 | 600 |
| 4000 | 500 | 800 |
| 5000 | 700 | 1200 |
| 6000 | 800 | 1200 |

- Puede instalarse en forma independiente un cable AWG calibre # 2 AWG dentro de la tubería eléctrica como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe si no se desea emplear a la tubería como conductor de puesta a tierra, tal como se observa en la figura 2.

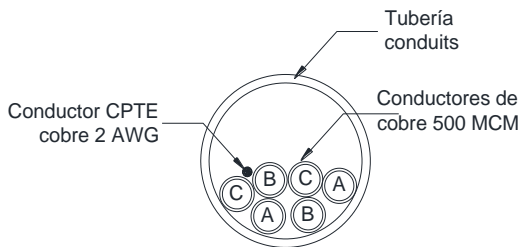


Figura 2
Tubería conduits con conductor CPTe en su interior

El conductor de puesta a tierra de equipos CPTe para esta instalación está basado en lo establecido en la Tabla 250.122 del CEN donde se especifica un cable de cobre # 2 AWG como conductor de puesta a tierra de equipos para un dispositivo de protección de rango 500 amperios.

Esta tabla y como emplearla para obtener el calibre del conductor de puesta a tierra de equipos CPTe adecuado en canalizaciones mediante bandejas portacables se puede consultar en el boletín técnico 8 PARTE 1 Puesta a tierra de bandejas portacables donde encontrara mayores detalles de esta aplicación.

El peso del conductor de puesta a tierra de equipos CPTe para un cable # 2 AWG de cobre requerido lo obtenemos mediante la operación: $0.31 \text{ Kgs/m} \times 180 \text{ mts} = 55,80 \text{ Kgs}$. De donde, el peso del conductor es dado por cada fabricante y la longitud es dato.

2. Canalización mediante bandejas portacables utilizando multiconductores (conformados por tres conductores aislados de cobre THHN/THWN con cubierta de PVC).

Como lo analizamos anteriormente, lo establecido en el artículo 310.15(B)(2) Factores de Ajuste en su apartado (a) del CEN en su excepción 2 indica que no es requerido ningún factor de corrección de ajuste de la ampacidad para los tres cables conductores en paralelo instalados en bandejas portacables. Para detalles consultar la sección 392.11(A)(1) del CEN.

Con base a lo anterior el calibre requerido de los conductores debe ser capaz de conducir 610 amperes, para lograrlo dividimos por 2 esta corriente obteniendo 310 amperios, esto debido a que emplearemos 2 conductores por fase, al buscar

esta capacidad en las tablas de conductores de fabricantes elegimos el conductor de calibre 350 MCM de cobre que tiene una capacidad máxima de 310 amperios.

Recuerde que comentamos que cables con calibres grandes al ser halados en las tuberías eléctricas su aislamiento está sujeto a daños por abrasión, por lo tanto, para este tipo de instalación el aislamiento más adecuado era el XHHW debido a que sus características mecánicas son superiores que aquéllos con aislamiento de THHN/THWN, no obstante son más costosos, para nuestro caso de instalación en bandejas portacables este daño por abrasión no aplica, permitiendo la instalación de conductores con aislamiento THHN/THWN u otros que pueden ser mas económicos.

El peso del cobre de los conductores de fase para esta instalación lo obtenemos mediante la operación: $1,61 \text{ Kgs/m} \times 180 \text{ mts} \times 6 \text{ conductores} = 1.739 \text{ Kgs}$. De donde, empleamos el peso del conductor dado por cada fabricante, la longitud y cantidad de cables por fase es dato.

Para realizar la puesta a tierra de esta instalación, el conductor de puesta a tierra equipos CPTe puede ser como sigue:

- La bandeja portacables puede ser empleada como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe en instalaciones calificadas comerciales e industriales de acuerdo a lo establecido en el artículo 392.3(C) del CEN. El cálculo de la sección de los rieles y como emplear la bandeja portacables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe puede consultarse en el boletín técnico 9 PARTE 2 Puesta a tierra de bandejas portacables donde encontrara mayores detalles de esta aplicación, tal como se observa en la figura 3.

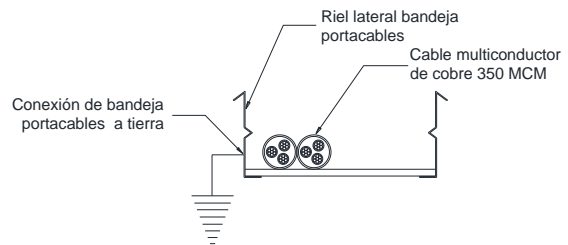


Figura 3
Bandeja portacables utilizada como conductor CPTe

- Los conductores de puesta a tierra del equipo CPTe de cobre calibre # 2 AWG pueden estar en cada uno de los tres cables conductores. Si se hace esto, debe haber un conductor de puesta a tierra de equipo CPTe con la

capacidad máxima en cada cable según la sección 250.122 del CEN. De seleccionar esta forma del conductores de puesta a tierra de equipos CPTe el cálculo del peso del cobre lo obtenemos mediante la operación: $0.62 \text{ Kgs/mts.} \times 180 \text{ mts} \times 2 = 110,70 \text{ Kgs}$. De donde, empleamos el peso del conductor dado por el fabricante y la longitud es dato, tal como se observa en la figura 4.

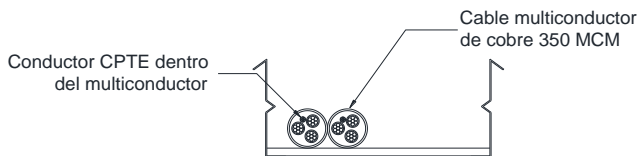


Figura 4
Bandeja portacables con conductor CPTe en cada cable multiconductor

- Puede instalarse en forma independiente un solo conductor calibre # 2 AWG en la bandeja portacables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe. Esto en caso de que no se desea emplear a la bandeja portacables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe o en su defecto, la misma no cumple el requisito del artículo 392.7(B) del CEN lo que obliga a instalar un conductor independiente. Para este caso el peso del cobre requerido lo obtenemos mediante la operación: $0.31 \text{ Kgs/m} \times 180 \text{ mts} = 55,80 \text{ Kgs}$. De donde, empleamos el peso del conductor dado por el fabricante y la longitud es dato, tal como se observa en la figura 5.

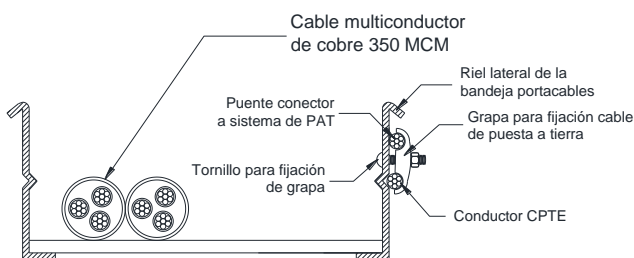


Figura 5
Bandeja portacables con conductor CPTe independiente

Recordemos que el conductor de puesta a tierra de equipos CPTe para esta instalación está basado en lo establecido en la Tabla 250.122 del CEN donde se especifica un cable de cobre # 2 AWG como conductor de puesta a tierra de equipos es el requerido para un dispositivo de protección de rango 500 amperios.

3. Canalización mediante bandejas portacables utilizando conductores monopolares.

Este tipo de instalación está restringida a instalaciones industriales calificadas según el artículo 392.3(B) del CEN. La instalación debe cumplir con lo establecido en el artículo 392.8(D) Conectado en paralelo del CEN, donde se estipula que cuando cables monopolares configurando cada fase o neutro de un circuito de corriente alterna estén conectados en paralelo como se permite en 310.4, los conductores serán instalados en grupos compuestos de no más de un conductor por fase o neutro para evitar desbalance de corriente en los conductores en paralelo debido a la reactancia inductiva.

Los conductores monopolares serán unidos de manera segura en grupos de circuitos para evitar desplazamientos excesivos debido a fuerzas magnéticas en casos de falla a tierra, a menos que los conductores unipolares estén trenzados en conjuntos, tales como los cables triplex. En la figura 6 se puede apreciar la conformación de la agrupación de cables.

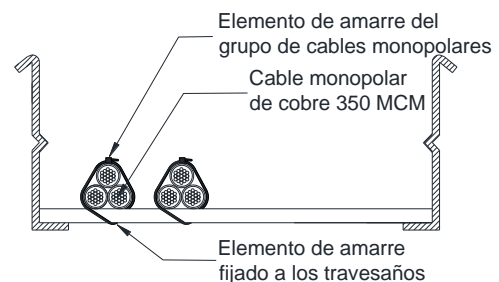


Figura 6
Conductores monopolares en conformación triangular fijados de manera segura a la bandeja portacables

El artículo 310.4 del CEN referido a conductores en paralelo establece que los conductores de aluminio, cobre revestido de cobre o cobre de calibre 1/0 AWG y mayores, que sean los conductores de fase, neutro o el conductor puesto a tierra de un circuito, pueden ir conectados en paralelo (unidos eléctricamente en ambos extremos para formar un solo conductor).

Excepción N°. 1

Se permite instalar en paralelo conductores de calibre menor al 1/0 AWG para alimentar instrumentos de medida, contactos, relés, solenoides y otros dispositivos de mandos similares, o para frecuencias de 360 Hz o superiores, siempre que:

- a) Estén instalados en la misma canalización o cable, la intensidad admisible de cada conductor por separado sea

suficiente para transportar toda la corriente repartida que transportan los conductores en paralelo.

- b) El dispositivo de sobrecorriente sea tal que no se supere la intensidad admisible de cada conductor si uno o más de los conductores en paralelo se desconectaran accidentalmente.
- c) La protección de sobrecorriente es tal que la ampacidad de cada conductor individual no será excedida si uno o más de los conductores paralelos se desconecta inadvertidamente.

Excepción N°. 2.

Bajo la supervisión de personal experto, se permite instalar en paralelo conductores neutros conectados a tierra de calibre 2 AWG y mayores, en las instalaciones ya existentes.

NOTA: La Excepción N°. 2 se puede aprovechar para aliviar el recalentamiento de los conductores neutros en instalaciones existentes con alto contenido en armónicos de tercer orden.

Los conductores conectados en paralelo son tratados por el CEN como un solo conductor con un área de sección transversal total de todos los conductores en paralelo. El uso de conductores paralelos es un método práctico y rentable en instalaciones de alimentadores de gran capacidad.

El empleo en canalizaciones de conductores mayores a 1000 kcmil no es nada económico ni práctico a menos que el calibre del conductor este obligado por la caída de voltaje. La capacidad de los conductores de calibres más grandes aumentaría muy poco en proporción al aumento en el calibre del conductor.

Una demostración de lo anterior lo podemos ilustrar a través de un ejemplo práctico. Imaginemos que el área de la sección transversal de un conductor se requiere incrementar en un 50%, para nuestro ejemplo tomemos un conductor 1000 kcmil y requerimos aumentarlo a 1500 kcmil, apoyándonos en la tabla 310.16 del CEN, en la misma se puede observar que la ampacidad del conductor tipo THW en la columna 2 de esta tabla para el 1000 kcmil es de 545 amperios y por su parte para el 1500 kcmil es de 625 amp, al realizar la diferencia entre ambas corrientes determinamos que aumenta solo 80 amperios, lo que representa menos del 15%.

Si analizamos un incremento mayor como un 100%, es decir, pasamos de un conductor 1000 a 2000 kcmil esto generaría un incremento de tan solo 120 amperios aproximadamente el 22%. De lo anterior, si el costo es un factor preponderante, la instalación de dos o más conductores en paralelo por fase es lo más conveniente y beneficioso.

Ing. Gregor Rojas

La conexión paralela de dos o más conductores en lugar de usar un conductor grande depende del cumplimiento con los establecido en el artículo 310.4(B) del CEN para garantizar una división de corriente igual a objeto de evitar la sobrecarga de cualquiera de los conductores paralelos individuales.

Cuando los conductores individuales se derivan de los conductores en paralelo, la conexión de la toma debe incluir todos los conductores en paralelo para esa fase en particular.

La conexión a uno solo de los conductores paralelos daría lugar a una distribución desequilibrada de la corriente de carga de la toma de corriente entre los conductores paralelos, lo que provocaría que uno de los conductores transportara más carga, lo que podría causar sobrecalentamiento y fallas en el aislamiento del conductor. Por ejemplo, si un conductor de 250 MCM recibe una toma de un conjunto de dos conductores de 500 MCM en paralelo, el dispositivo de empalme debe incluir ambos conductores de 500 MCM y el único conductor de toma de 250 MCM.

Características de conductores y de la instalación.

Los conductores en paralelo de cada fase, polaridad, neutro, conductor de puesta a tierra o conductor de puesta a tierra de equipos deberán cumplir con:

- 1) Ser de la misma longitud.
- 2) Ser del mismo material
- 3) Poseer el mismo calibre y sección transversal.
- 4) Tener el mismo tipo de aislamiento.
- 5) Tener la misma forma de terminación.

Lo anterior tiene el objeto de evitar una caída excesiva de voltaje y también asegurar igual división de corriente, los diferentes conductores de fase deben ser colocados juntos y cada conductor de fase, conductor de puesta a tierra y el conductor puesta a tierra de equipos CPTe (si se usa) deben agruparse juntos en cada canalización o cable.

Se debe tener presente que la impedancia de un circuito en una canalización de aluminio difiere de la impedancia para el mismo circuito en una canalización de acero, por lo tanto, las canalizaciones o tuberías separadas deben tener las mismas características físicas.

Todos los conductores de la misma fase o neutro deben ser del mismo material conductor. Por ejemplo, si 12 conductores están en paralelo para un sistema trifásico, 4 hilos, 480Y / 277 VCA, se podrían instalar 4 conductores en cada una de las tres canalizaciones. El Código no pretende que los 12 conductores sean de cobre o aluminio, sino que los conductores individuales en paralelo para cada fase, el

conductor conectado a tierra y el neutro deben ser del mismo material, del mismo tipo de aislamiento, igual longitud, etc. Además, las tres canalizaciones deben tener las mismas características físicas (por ejemplo, tres tuberías de aluminio rígido, tres conductos IMC de acero, tres EMT o tres conductos no metálicos), no una mezcla, por ejemplo, dos tuberías de aluminio rígido y una tubería de acero rígido o una tubería de PVC otra de aluminio rígido y una tubería de acero rígido.

Según la Sección 392.11(B)(2) del CEN, los valores de ampacidad de los conductores se limitan al 65% de los valores indicados en la Tabla 310.17 del CEN.

El calibre requerido de los conductores es 350 MCM esto parte de que se necesitan 2 conductores por fase que sumen los 610 amperios, lo que se obtiene con un conductor de cobre aislado de 350 MCM THHN/THWN con capacidad máxima de acuerdo a lo establecido en la tabla 310.17 del CEN que indica para este caso 505 amperios.

Al aplicar lo establecido en la Sección 392.11(B)(2) del CEN tenemos:

$$505 \text{ amperios} \times 0,65 = 328 \text{ amperios}$$

Por lo tanto, dos conductores de calibre 350 MCM se deben seleccionar para llevar cada uno 305 amperios que totalizan los 610 amperios por fase.

El peso del cobre de los conductores de fase para esta instalación lo obtenemos mediante la operación: 1,61 Kgs/m x 180 mts x 6 conductores = 1.739 Kgs. De donde, empleamos el peso del conductor dado por el fabricante, la longitud y cantidad de cables por fase es dato.

Para realizar la puesta a tierra de esta instalación, el conductor de puesta a tierra equipos CPTE puede ser como sigue:

- La bandeja portables puede ser empleada como conductor de puesta a tierra de equipos CPTE en instalaciones calificadas comerciales e industriales de acuerdo a lo establecido en el artículo 392.3(C) del CEN. El cálculo de la sección de los rieles y como emplear la bandeja portables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTE puede consultarse en el boletín técnico 9 PARTE 2 Puesta a tierra de bandejas portables donde encontrara mayores detalles de esta aplicación, tal como se observa en la figura 3.

TABLA 310.17

Ampacidades admisibles de los conductores monopolares aislados para voltajes nominales de 0 a 2000 Voltios y 60°C a 90°C al aire libre basadas en una temperatura ambiente de 30°C.

| Calibre de los conductores | Régimen de temperatura del conductor (ver tabla 310.13A) | | |
|----------------------------|--|---|---|
| | 60° C | 75° C | 90° C |
| AWG/ Kcmil | TIPOS TW*, UF* | TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE* | TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2 |
| | COBRE | | |
| 18 | .... | .... | 18 |
| 16 | .... | .... | 24 |
| 14 | 25 | 30 | 35 |
| 12 | 30 | 35 | 40 |
| 10 | 40 | 50 | 55 |
| 8 | 60 | 70 | 80 |
| 6 | 80 | 95 | 105 |
| 4 | 105 | 125 | 140 |
| 3 | 120 | 145 | 165 |
| 2 | 140 | 170 | 190 |
| 1 | 165 | 195 | 220 |
| 1/0 | 195 | 230 | 260 |
| 2/0 | 225 | 265 | 300 |
| 3/0 | 260 | 310 | 350 |
| 4/0 | 300 | 360 | 405 |
| 250 | 340 | 405 | 455 |
| 300 | 375 | 445 | 505 |
| 350 | 420 | 505 | 570 |
| 400 | 455 | 545 | 615 |
| 500 | 515 | 620 | 700 |
| 600 | 575 | 690 | 780 |
| 700 | 630 | 755 | 855 |
| 750 | 655 | 785 | 885 |
| 800 | 680 | 815 | 920 |
| 900 | 730 | 870 | 985 |
| 1000 | 780 | 935 | 1055 |
| 1250 | 890 | 1065 | 1200 |
| 1500 | 980 | 1175 | 1325 |
| 1750 | 1070 | 1280 | 1445 |
| 2000 | 1155 | 1385 | 1560 |

| FACTORES DE CORRECCION | | | |
|-------------------------|--|------|------|
| Temperatura Ambiente °C | Para temperatura ambiente distintas a 30°C, se multiplican las ampacidades anteriores por los factores apropiados siguientes | | |
| 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 |
| 61-70 | .... | 0,33 | 0,58 |
| 71-80 | .... | .... | 0,41 |

- Puede instalarse en forma independiente un solo conductor calibre # 2 AWG en la bandeja portacables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe. Esto en caso de que no se desea emplear a la bandeja portacables como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe o en su defecto, la misma no cumple el requisito del artículo 392.7(B) del CEN lo que obliga a instalar un conductor independiente. Para este caso el peso del cobre requerido lo obtenemos mediante la operación: $0.31 \text{ Kgs/m} \times 180 \text{ mts} = 55,80 \text{ Kgs}$. De donde, empleamos el peso del conductor dado por el fabricante y la longitud es dato, tal como se observa en la figura 6.

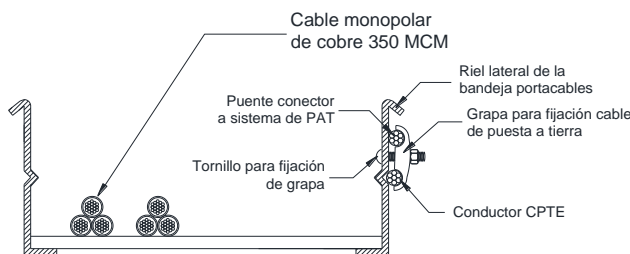


Figura 7

Bandeja portacables con conductor CPTe independiente

Recordemos que el conductor de puesta a tierra de equipos CPTe para esta instalación está basado en lo establecido en la Tabla 250.122 del CEN donde se especifica un cable de cobre # 2 AWG como conductor de puesta a tierra de equipos es el requerido para un dispositivo de protección de rango 500 amperios.

Comparación de resultados.

Al comparar ambas canalizaciones la de tuberías conduits contra las bandejas portacables con respecto a los pesos de

cobre calculados en cada aplicación del ejemplo, podemos resumir en la siguiente tabla sus totales:

| Peso del cobre | Tuberías conduits | Bandejas portacables |
|---------------------|-------------------|----------------------|
| Conductores de fase | 2.516 Kgs | 1.739 Kgs |
| Conductor CPTe | 55,80 Kgs | 55,80 Kgs |
| TOTAL | 2.571,80 Kgs | 1.794,80 Kgs |

Si realizamos la sustracción entre los pesos de cobre de cada tipo de canalización analizada obtenemos que la canalización mediante bandejas portacables emplea 777 Kgs de cobre menos para obtener la misma capacidad de corriente que la requerida por la canalización mediante tuberías conduits, además de los ahorros obtenidos por la utilización de bandejas portacables en lugar de tuberías conduits.

Esta evaluación asume que ambos sistemas pueden ser utilizados como conductor de puesta a tierra de equipos CPTe. Donde se usan equipos independientes para puesta a tierra, los ahorros en cobre serán diferentes que a los establecidos anteriormente.

Adicionalmente, el calibre a usar de los cables es generalmente determinado por su capacidad de corriente. Sin embargo, la capacidad de corriente de los cables depende también de la temperatura ambiente de la instalación y el factor de agrupamiento.

De los resultados podemos calcular que en porcentaje de menos cobre la bandejas portacables requieren aproximadamente un 40% de menos cobre, lo que representa un ahorro muy sustancial en material, esto permite concluir que la colocación de cables en paralelo sobre bandejas portacables tiene un sustancial ahorro en costos sobre las canalizaciones a tuberías.

Los invitamos a continuar con el boletín técnico referido a **CONDUCTORES EN PARALELO SOBRE BANDEJAS PORTACABLES PARTE 2**, donde analizaremos las configuraciones más eficiente en colocación de conductores en paralelo sobre bandejas portacables basados en la norma IEC 60364-5-52.