

## Conductores de puesta a tierra de equipos para sistemas de charolas portacables

Los sistemas de cableado de charolas portacables tienen excelentes registros de seguridad y confiabilidad. Estos excelentes registros son el resultado de las características únicas de la charola portacables más el diseño y la instalación adecuados de los sistemas de cableado de la charola portacables. La intención de este artículo es revisar las prácticas de conexión a tierra para los sistemas de cableado de charolas portacables. **Los conductores de puesta a tierra de equipos son los conductores más importantes en los sistemas eléctricos. El Conductor de Puesta a Tierra de Equipos es el conductor de seguridad del circuito eléctrico.**

Al diseñar un sistema de cableado de charola portacables, el diseñador debe evaluar las opciones de conductor de puesta a tierra de equipos (EGC por sus siglas en inglés) del Código Eléctrico Nacional (NEC por sus siglas en inglés) que son aplicables para el proyecto.

Evalúe las siguientes opciones:

1. Utilice la charola portacables como EGC.
2. Utilice un cable de un solo conductor como EGC común para todos los circuitos en la charola portacables
3. Utilice conductores EGC individuales en cada cable multiconductor en la charola portacables
4. Coloque los EGC en paralelo con la charola portacables.

### Los requisitos para los EGC están cubiertos en varias secciones del NEC.

**Sección 110.10. Impedancia del circuito y otras características del NEC.** Establece que los componentes y las características de un circuito deben seleccionarse y coordinarse adecuadamente para que una falla (cortocircuito) se elimine sin causar daños extensos a los componentes eléctricos del circuito.

**Sección 250.4(A) del NEC.** Los materiales conductores que encierran conductores o equipos eléctricos están conectados a tierra para limitar la tensión a tierra en estos materiales conductores y unidos para facilitar la operación de los dispositivos de sobrecorriente en condiciones de falla a tierra. Esta sección también establece que la ruta de puesta a tierra efectiva debe ser: permanente y eléctricamente continua, tener la capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente de falla que se le imponga, tener una impedancia suficientemente baja para limitar la tensión a tierra y facilitar la operación de los dispositivos de protección.

**Sección 392.18(A) del NEC** establece que no se requiere que la charola portacables sea mecánicamente continua, pero debe ser eléctricamente continua y la unión debe estar de acuerdo con la Sección 250-96 del NEC.

Es deseable que el dispositivo de protección del circuito elimine rápidamente una falla de línea a tierra. Mientras exista la falla a tierra, el personal de la instalación y también la instalación pueden estar expuestos a condiciones inseguras. Los voltajes pueden distribuirse a través de los componentes metálicos de la instalación de tal manera que puedan producir condiciones que pueden resultar en la electrocución o lesión del personal de la instalación que entre en contacto físico con los componentes metálicos energizados. Existe la posibilidad de que se produzcan daños por incendio en la instalación si los arcos eléctricos de corriente de falla se convierten en fuentes de ignición.

# Una mirada a las opciones de EGC disponibles para los sistemas de charola portacables.

## 1. Charolas portacables como las EGC.

**Sección 392.60 del NEC** establece que se permitirá el uso de charolas portacables metálicas como EGC donde el mantenimiento y la supervisión continuos aseguren que personas calificadas darán servicio al sistema de charola portacables instalado y que la charola portacables cumpla con las cuatro disposiciones de la **Sección 392-60 del NEC**.  
**Toma de tierra.**

Esto significa que la charola portacables puede usarse como EGC en cualquier instalación calificada. No hay restricciones en cuanto al tipo de instalación en la que se puede utilizar la charola portacables como EGC. La restricción de calificación se basa en la experiencia del personal de mantenimiento eléctrico de las instalaciones. El personal eléctrico involucrado debe estar calificado.

Las charolas portacables de metal están clasificadas por Underwriters Laboratories (UL) con respecto a su idoneidad para su uso como EGC. La marca de clasificación establece: "Clasificado por Underwriters Laboratories Inc. en cuanto a su idoneidad como conductor de puesta a tierra de equipos". La charola portacables no está listada por UL, está clasificada por UL como EGC.

El área de la sección transversal del metal que está disponible para usar como EGC se muestra en los catálogos de los fabricantes para las diversas charolas portacables. Esta es la suma de las áreas de la sección transversal de los dos rieles laterales. Para charolas portacables de construcción de una pieza, el área de la sección transversal total es la suma de las secciones transversales del riel lateral más el área de la sección transversal del fondo sólido. Si la parte inferior de la charola portacables contiene aberturas de ventilación, las aberturas de ventilación reducen el área de la sección transversal de la parte inferior de la charola portacables disponible para el servicio EGC. Si la charola portacables se utilizará como EGC, debe especificarse en la orden de compra y el fabricante marcará o colocará una etiqueta de información permanente en el riel lateral de la charola portacables. Esta marca o etiqueta de información especificará el área de metal EGC de la sección transversal de la charola portacables e indicará que la charola portacables está clasificada por UL para su uso como EGC. No es necesario aplicar compuesto conductor en las conexiones de la placa de empalme de la charola portacables estándar o instalar puentes de unión a través de las conexiones de la placa de empalme de la charola portacables estándar para charolas portacables de aluminio o acero.

**La Tabla 3192.60(A) "Requisitos de área metálica para charolas portacables utilizadas como conductores de puesta a tierra de equipos"** muestra el área metálica de sección transversal mínima que se requiere para charolas portacables de aluminio o acero que se usarán como EGC con base en la clasificación más alta de cualquier dispositivo de protección (el valor nominal del fusible o el ajuste de disparo del disyuntor) para los circuitos en la charola portacables. Si el área de la sección transversal de las charolas portacables es insuficiente para la clasificación del dispositivo de protección, la charola portacables no se puede utilizar como EGC y se debe instalar un cable de un solo conductor EGC separado en la charola portacables o cada cable multiconductor debe contener un conductor EGC. Las conexiones de conductos y/o cables (unión y/o EGC) a las charolas portacables deben realizarse con conectores listados por UL que estén correctamente instalados para garantizar que haya una buena continuidad eléctrica entre la charola portacables y los conductos y/o cables.

De acuerdo con la Sección 392.60 (A) del NEC, todas las charolas portacables de metal deben estar conectadas a tierra según lo requiere el Artículo 250 del NEC, independientemente de si la charola portacables se usa o no como un EGC.

## 2. Cables EGC de un solo conductor en charolas portacables.

**Sección 392.10(B)(1)(c)** del NEC establece que los conductores individuales aislados, cubiertos o desnudos que sean 4 AWG o más grandes pueden usarse como cables EGC en charolas portacables.

Cuando se utiliza un cable EGC de un solo conductor, el cable EGC de un solo conductor debe dimensionarse para la clasificación del fusible o la configuración de disparo del disyuntor (Tabla 250-95 NEC) del circuito de mayor capacidad en la charola portacables que podría utilizar el EGC de un solo cable conductor si ocurriera una falla a tierra.

En un ambiente cargado de humedad, no se debe instalar un EGC de cobre desnudo en una charola portacables de aluminio debido al potencial de corrosión electrolytica de la charola portacables de aluminio. Para tales instalaciones, es mejor usar un conductor cubierto o aislado y quitar la cubierta o el aislamiento donde se realizan conexiones de unión a la charola portacables, puentes de unión, canalizaciones, envolventes de equipos, etc. con conectores enchapados en estaño o zinc listados por UL.

Si bien no es una necesidad, hay beneficios al unir el cable EGC de un solo conductor a la charola portacables cada 50 a 100 pies con un conector listado por UL. Esto pone la charola portacables eléctricamente en paralelo con el cable EGC. Si ocurre una falla a tierra, esta práctica puede dar como resultado que se impriman tensiones más bajas a tierra en los componentes metálicos de la instalación energizados por la falla. La charola portacables eléctricamente paralela y el cable EGC se convierten en un EGC de baja impedancia (consulte la opción #4). Los cables del EGC deben amarrarse firmemente a la charola portacables cada 10 a 20 pies para que, en condiciones de falla, las fuerzas magnéticas no expulsen el EGC de la charola portacables.

### **3. Cables multiconductores con EGC en charolas portacables.**

Se pueden especificar cables multiconductores que contengan su propio EGC. Los conductores EGC en cables multiconductores pueden estar desnudos, cubiertos o aislados. Si está cubierto o aislado, el acabado exterior debe ser verde o verde con una o más franjas amarillas [Consulte la Sección 250-57(b) del NEC]. En instalaciones calificadas, cualquier conductor aislado en un cable multiconductor puede identificarse permanentemente como un EGC según las reglas indicadas en la **Sección 250-119 del NEC**.

#### **Los EGC de cables multiconductores en paralelo en charolas portacables.**

**Sección 250-122 del NEC. Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo** influye en el paralelismo de los cables multiconductores estándar en las charolas portacables. Este tamaño requiere un aumento en el tamaño de los EGC en cables de tres conductores cuando los conductores de fase están en paralelo y los EGC están en paralelo o se debe instalar un EGC separado del tamaño adecuado en la charola portacables.

Las propuestas que se aceptaron para revisar la Sección 250-122 de NEC no contenían ningún problema de seguridad documentado. La justificación del remitente fue que se permite que los conductores de los cables estén conectados en paralelo, por lo que el EGC de tamaño único que se aplica a los sistemas de canalizaciones debe aplicarse a los cables multiconductores. Como resultado, se colocó "o cable" después de la palabra "canalización" en la Sección 250-122 del NEC.

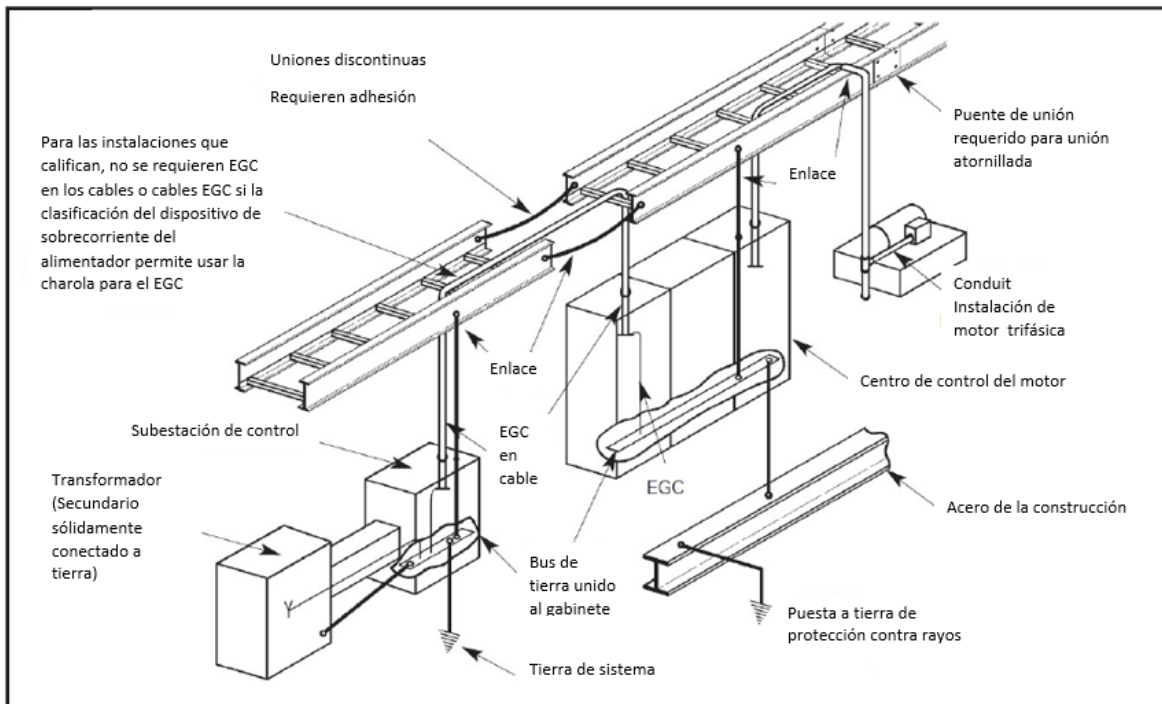


Figura 1

No se han presentado hechos públicos sobre ningún problema técnico o de seguridad debido a la operación de cables estándar de tres conductores con EGC de tamaño estándar en paralelo. Esta ha sido una práctica industrial común durante varias décadas. En muchas instalaciones de fabricación de productos químicos, plásticos y textiles, los alimentadores de 480 volts (cables tipo TC) desde las subestaciones hasta los centros de control de motores se conectan en paralelo con cables estándar de tres conductores con EGC de tamaño estándar conectados en paralelo desde principios de la década de 1960.

Para que los cables de tres conductores en paralelo instalados en la charola portacables cumplan con el NEC actual, se debe seleccionar una de las siguientes opciones:

- A. Pida cables especiales de tres conductores que contengan EGC de mayor tamaño. El tamaño de los EGC dependerá de la clasificación o configuración del dispositivo de protección del circuito según el **Tabla 250-122 del NEC**. Esto significa que el tamaño de los EGC depende de la cantidad de tres cables conductores que se conectan en paralelo para obtener la capacidad de circuito deseada.
- B. Use cables de tres conductores sin EGC e instale un EGC de un solo conductor en la charola portacables o use la charola portacables como EGC en instalaciones calificadas según la Sección 392.60).
- C. Use cables estándar de tres conductores con EGC de tamaño estándar y coloque en paralelo los EGC que se encuentran en los conjuntos de cables con el EGC de un solo conductor (tamaño según la Tabla 250-122) en la charola portacables o con la charola portacables si se usa como el EGC. Esto cumple con los requisitos de la Sección 250-122 del NEC.

#### 4. Conexión en paralelo eléctrico del EGC de un solo conductor y la charola portacables.

Conectar eléctricamente en paralelo el EGC de un solo conductor con la charola portacables conectando el EGC de un solo conductor a la charola portacables cada 50 a 100 pies produce una instalación que puede proporcionar cierto grado de seguridad eléctrica mejorada para una instalación y su personal durante condiciones de falla a tierra. El NEC

no exige la unión del recorrido de la charola portacables al EGC de un solo conductor cada 50 a 100 pies, pero es una práctica opcional deseable.

A continuación se hace una comparación para una instalación en la que el EGC de un solo conductor no está eléctricamente en paralelo con la charola portacables y para una instalación en la que el EGC de un solo conductor está en paralelo con la charola portacables.

Como base para una comparación simple de los dos casos, se hacen las siguientes suposiciones:

Sistema: Se muestra una fase (277 volts) del secundario de un transformador conectado en estrella de 480 volts.

Conductores: El conductor de fase es un conductor de cobre de 500 kcmil con aislamiento de 75 grados C. Está clasificado para 380 amperes sin reducción de potencia para condiciones de temperatura ambiente. El dispositivo de protección tiene una capacidad nominal de 400 amperes. El EGC es de cobre 3 AWG (NEC Tabla 250-122). La sección transversal de los rieles laterales de la charola portacables de aluminio es de 2 pulgadas cuadradas. La conductividad del aluminio de la charola portacables es aproximadamente el 55 por ciento de la del cobre.

La resistencia del conductor de cobre de 500 kcmil es de 0.0258 ohms/k FT.

La resistencia del conductor de cobre 3 AWG es 0.245 ohms/k FT.

La resistencia de la charola portacables de aluminio es de aproximadamente 0.0143 ohms/k FT.

La resistencia del EGC #3 en paralelo y la charola portacables de aluminio es de 0.0135 ohms/k FT. [La resistencia resultante de los conductores en paralelo es  $R_1 \times R_2 / R_1 + R_2 = (0.0143)(0.245) / 0.0143 + (0.245) = 0.0135$  ohms].

Suposiciones: Para simplificar los ejemplos, se utilizan valores de resistencia en lugar de impedancia. En una instalación real, la impedancia determinaría la magnitud de la corriente de falla y las caídas de tensión. Se omite la caída de tensión a través del arco de la falla. Se supone que toda la corriente de falla de retorno se limitará al EGC de un solo conductor o al EGC de un solo conductor y la charola portacables cuando están conectados eléctricamente en paralelo. Se supone que el conductor de fase, el EGC y la charola portacables de aluminio tienen la misma longitud.

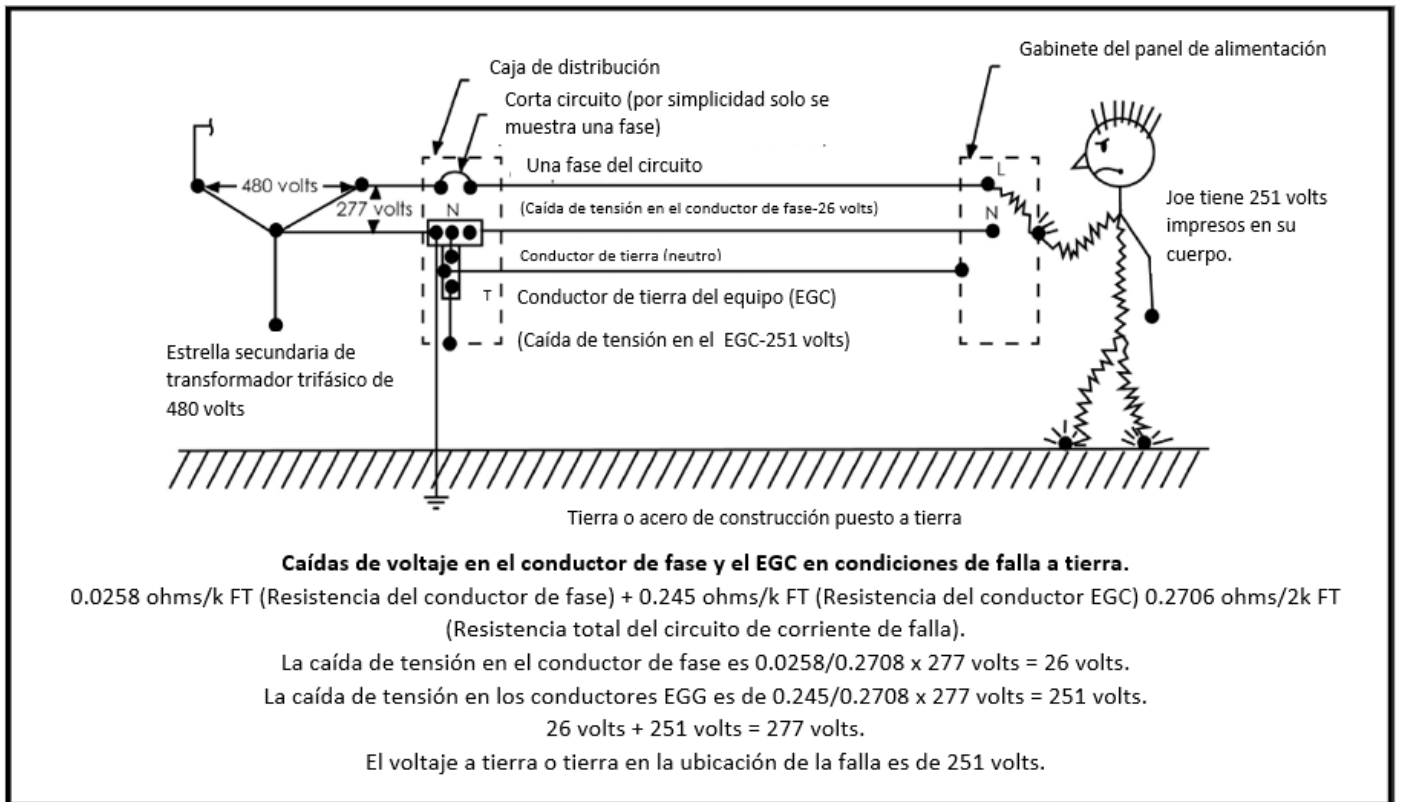


Figura 2

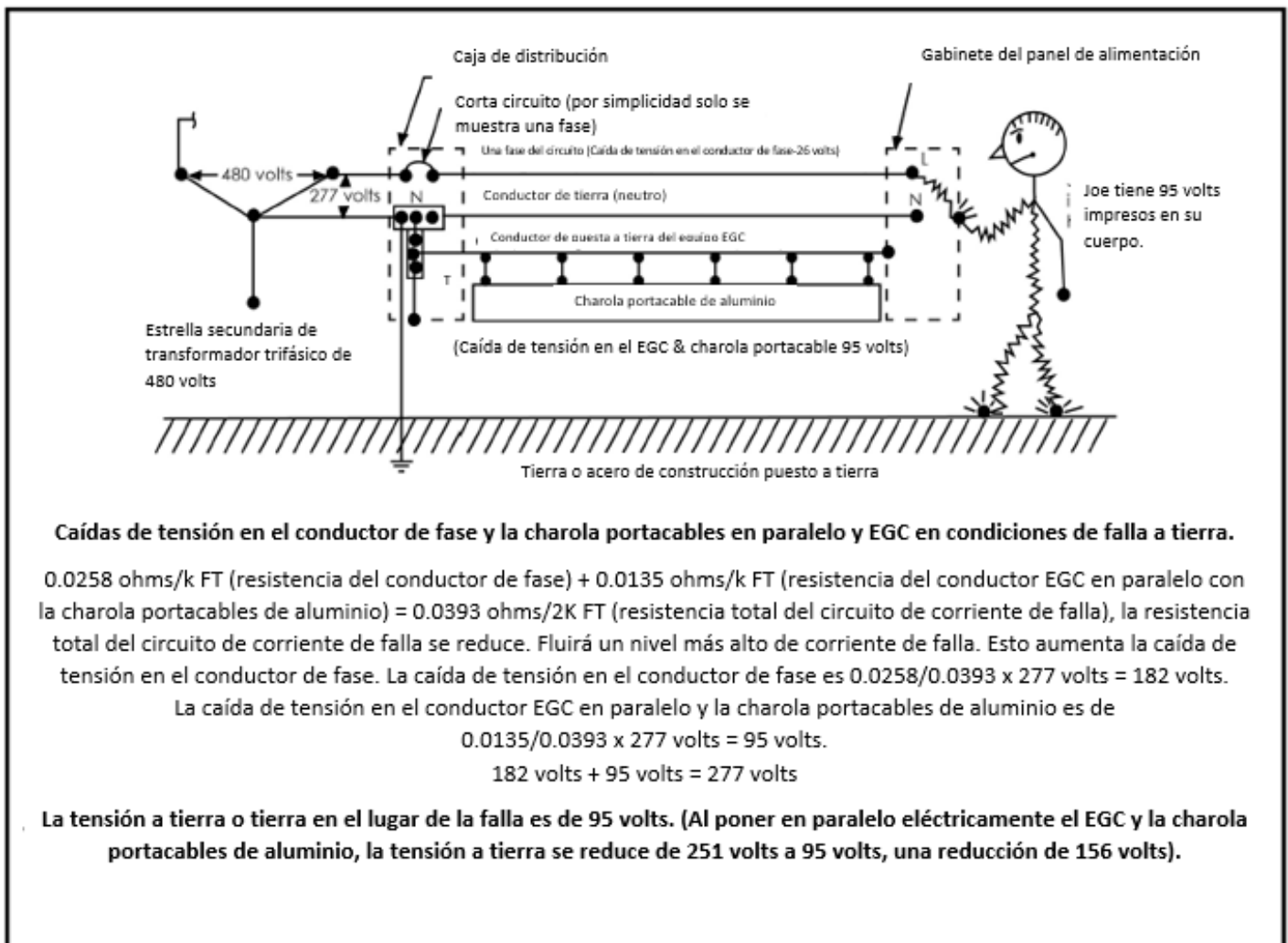


Figura 3

Conectar la charola portacables eléctricamente en paralelo con el EGC de un solo conductor es una opción que vale la pena considerar. La impedancia reducida resultante del EGC puede proporcionar mejoras en la seguridad eléctrica general de las instalaciones. La impedancia reducida del circuito de falla producirá una magnitud de corriente de falla más alta que dará como resultado que los dispositivos de protección desenergicen el circuito de falla más rápidamente. El potencial de descarga eléctrica para el personal de las instalaciones es menor (en el ejemplo, los 95 voltios aún son potencialmente mortales, pero no es tan probable que sean fatales como los 251 voltios). El menor potencial a tierra en la falla puede resultar en menores magnitudes de corriente de falla parásita que fluye a través de los elementos metálicos de las instalaciones. Esto reduce las posibilidades de que se produzcan arcos eléctricos que pueden ser fuentes de ignición.