

Fundamentos acerca de la protección contra sobrecorriente



Basado en el código NEC® 2017



Powering Business Worldwide

Ventajas de los fusibles con limitación de corriente

Ofrecen soluciones flexibles y sin problemas

- Con clasificaciones de interrupción de hasta 300 kA, los fusibles pueden instalarse en casi todos los sistemas sin temor de aplicaciones incorrectas.
- Con clasificaciones de voltaje directas, los fusibles pueden instalarse en cualquier sistema, independientemente de su conexión a tierra, a diferencia de los dispositivos con dos clasificaciones (V_1/V_2) que solo pueden ser instalados en un sistema Estrella sólidamente conectado a tierra.
- La clasificación de interrupción del fusible es comúnmente al menos igual a, o en muchos casos mayor que, la corriente de falla disponible en las terminales de la línea.
- La alta capacidad de interrupción del fusible proporciona flexibilidad en caso de cambios en el sistema, como reubicación de equipos o transformadores de la empresa suministradora del servicio eléctrico, incremento de los niveles de corriente de falla, entre otros.

Incrementan la seguridad eléctrica

- En la tecnología de fusibles más reciente, la protección para los dedos está incluida en portafusibles, bloques de fusibles, interruptores y bloques para fusibles y distribución de energía, que incluyen los fusibles patentados CUBEFuse™, Low-Peak™ y el revolucionario interruptor desconectador Protector Compacto de Circuito (CCP), de Bussmann™ series.
- Con clasificaciones de interrupción de hasta 300 kA, el exceso de las corrientes de falla disponibles, debido a cambios en el sistema, prácticamente es eliminado.
- Los fusibles Clase CC, Listados UL, para circuitos derivados, cuentan con característica de rechazo físico que ayuda a asegurar que el mismo voltaje e iguales o mayores clasificaciones de interrupción se conserven durante toda la vida del sistema.
- Los riesgos de arco eléctrico pueden reducirse de manera importante cuando los fusibles operan dentro de su rango de limitación de corriente.

Reducen el riesgo y mejoran la confiabilidad

- Las características de rechazo del fusible reducen la probabilidad de instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente (OCPD) con características de desempeño diferentes y clasificaciones de interrupción más bajas, que podrían afectar el nivel de protección.
- Los fusibles no cuentan con un medio de descarga durante la falla, contienen y extinguen el arco eléctrico en su interior. En algunos OCPD, la descarga es inherente, con la posibilidad de causar daños a otros componentes del sistema.
- Los fusibles de reemplazo calibrados en fábrica aseguran el mismo nivel de protección durante toda la vida del sistema, eliminando la necesidad de probar y recalibrar el OCPD después de alguna falla.
- Su diseño sellado, relleno de arena, se basa en principios térmicos comprobados que eliminan el riesgo de que algo podría no estar ajustado de manera adecuada o de no operar correctamente bajo condiciones de cortocircuito, como es el caso con algunos OCPD mecánicos.
- El diseño sellado y predeterminado del fusible elimina la necesidad de ajustar o cambiar en campo la configuración del dispositivo, reduciendo el riesgo de una aplicación incorrecta.

Ahorran tiempo y dinero

- Los fusibles eliminan la necesidad de costosos y prolongados estudios de corriente de falla cuando se utilizan fusibles Low-Peak™ con clasificación de interrupción de 300 kA.
- Los fusibles con limitación de corriente permiten lograr, de manera simple y fácil, la coordinación selectiva si se mantiene una relación de amperes mínima entre los fusibles aguas arriba y los fusibles aguas abajo. El uso de las tablas de relación publicadas elimina la necesidad de realizar estudios de coordinación selectiva y asegura que los circuitos afectados están aislados, evitando innecesarios cortes de energía a las partes aguas arriba del sistema eléctrico.
- Debido a su diseño sellado, sin medio de descarga, los fusibles eliminan la necesidad de guardas o barreras adicionales para protección de descarga.
- Los fusibles reducen la necesidad de mantenimiento de los OCPD, ya que no lo requieren, solo requieren la revisión periódica de conductores, conectores y terminales.

Ayudan a lograr clasificaciones más altas de corriente de cortocircuito (SCCR) del equipo

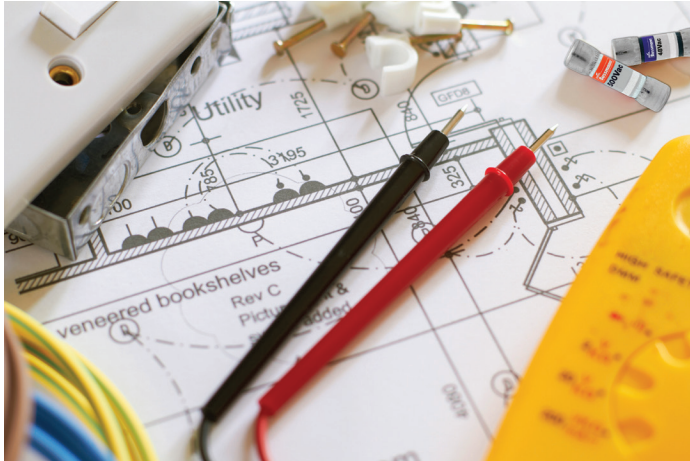
- Los fusibles tienen altas clasificaciones de interrupción (hasta 300 kA) y no representan un factor limitante en la SCCR de algún tablero.
- La limitación de corriente reduce de manera drástica la corriente pico de paso para proteger a los componentes aguas abajo y ayudar a incrementar las SCCR de los circuitos derivados.

Reducen los “tiempos muertos” y mejoran la protección

- Especificando protección Tipo 2 “Sin daño” (en lugar de Tipo 1) y fusibles con limitación de corriente dimensionados correctamente ayuda a eliminar la necesidad de reemplazar componentes después de una falla.
- La limitación de corriente ayuda a reducir las extremas y destructoras fuerzas térmicas y mecánicas asociadas con los cortocircuitos.

Facilitan el cumplimiento de la normatividad

- El cumplimiento con el NEC 110.9 se logra fácilmente con altas clasificaciones de interrupción, hasta 300 kA.
- El cumplimiento con el NEC 110.10 para protección de equipos y componentes de daños considerables producidos a partir de cortocircuitos se logra fácilmente con fusibles con limitación de corriente.
- El cumplimiento con la norma OSHA 1910.334(b)2 se logra al eliminar la petición de un operador para restablecer el OCPD después de una falla sin determinar y corregir su causa. La legislación federal prohíbe restablecer interruptores automáticos o reemplazar fusibles sin investigar ni corregir previamente la causa de su accionamiento.



Contenido

Página

Conceptos básicos acerca de los dispositivos de protección contra sobrecorriente 4

- Leyes de Friemel de protección contra sobrecorriente y el código NEC 4

Cómo funcionan los fusibles 5

- Protección contra sobrecorriente 5
 - Sobrecargas 5
 - Cortocircuitos 5

Construcción 6

- Fusibles sin retardo de tiempo 7
- Fusibles de doble elemento y con retardo de tiempo 8

Clasificaciones 11

- Clasificación de voltaje 11
- Clasificación de amperes 12
- Clasificación de interrupción 13
 - Ejemplos de clasificación de interrupción 14
 - Niveles de corriente de cortocircuito del sistema eléctrico y la protección adecuada 17

Características de funcionamiento 18

- Limitación de corriente 18
- El papel de los OCPD en la seguridad eléctrica 22
- Curva característica de corriente-tiempo (TCC) 25
- Coordinación selectiva 26

Tipos y clases de fusibles 27

- Fusibles de baja tensión para circuitos derivados 27
 - Tabla de selección de fusibles para circuitos derivados, Bussmann series 34
- OCPD suplementarios/de aplicación limitada 35
 - Fusibles suplementarios, Bussmann series 35
 - Aplicación de fusibles suplementarios en circuitos derivados 38

Recuadros

Los recuadros contienen información adicional o presentan material relacionado con el tema.

Los temas siguientes se encuentran en los recuadros amarillos:

- Leyes de Freimel de protección contra sobrecorriente 5
- Fusibles de reemplazo calibrados en fábrica 6
- En la falla de una fase... ¿son un problema los fusibles? 10
- Sistema de fusibles Low-Peak, Bussmann series 11
- El código NEC y "las clasificaciones solo para fusibles" 13
- Condiciones de prueba para un fusible con clasificación de interrupción de 300 kA 16
- Coordinación selectiva 26
- Excepciones en el código NEC para aplicación de OCPD suplementarios 35
- Diez razones por las que no se permite aplicar protectores suplementarios para circuitos derivados 39
- Reglas para fusibles de media tensión con limitación de corriente 40
- Fusibles de media tensión con clasificación R y circuitos de motores 41

- Fusibles de media tensión 40
 - Clasificación de voltaje 40
 - Capacidad para transportar corriente de forma continua 40
 - Clasificación de interrupción 40
 - Aplicación de fusibles con clasificación R 40
 - Reglas adicionales 41
 - Fusibles de media tensión, Bussmann series 42
- Fusibles ultrarrápidos 44
 - Circuitos típicos 44
 - Fusibles ultrarrápidos, Bussmann series 45
- Fusibles fotovoltaicos 47
 - Fusibles fotovoltaicos, Bussmann series 47

Glosario. Terminología eléctrica más común 49

Resumen. El poder de los fusibles con limitación de corriente 51



Publicado por primera vez en los años veinte, *Fuseology. A handbook on fuses* ha promovido la seguridad eléctrica fomentando el entendimiento de la protección contra sobrecorriente.

Conceptos básicos acerca de los dispositivos de protección contra sobrecorriente

La fuseología es el estudio de los principios fundamentales de operación de los fusibles. Estos incluyen las clasificaciones y las características de operación que hacen del fusible un eficiente dispositivo de protección contra sobrecorriente (OCPD), así como su construcción, que da origen a su exclusivo liderazgo en protección de circuitos.

En términos sencillos, un fusible es un dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte fundible para abrir un circuito, la cual es calentada y cortada por el paso de sobrecorriente a través de él. Un fusible está constituido por todas las partes que forman una unidad que puede realizar estas funciones. Puede o no ser el dispositivo cabal necesario para conectarlo en un circuito eléctrico.

Los sistemas de distribución eléctrica pueden ser simples o complejos. Independientemente de eso, no pueden ser absolutamente seguros contra fallas y están sujetos a sobrecorrientes destructivas, como sobrecargas, fallas del sistema de tierra o cortocircuitos. Entornos hostiles, deterioro general, daños (accidentales o provocados por causas naturales) y sobrecargas son factores comunes que dan lugar a sobrecorrientes. Confiables OCPD, como el fusible mostrado en la Figura 1, previenen o reducen al mínimo los costosos daños a transformadores, conductores, motores y muchos otros componentes y cargas que integran un sistema de distribución de energía completo. Una protección de circuitos confiable también es esencial para la seguridad eléctrica del personal y para evitar fuertes pérdidas económicas debidas a cortes de energía eléctrica o a periodos prolongados de “tiempos muertos” en las instalaciones.



Figura 1. Vista común y vista con rayos X de un fusible LPN-RK, Low-Peak™, de doble elemento, Bussmann™ series, que muestra el eslabón de sobrecarga y el de cortocircuito.

El fusible es un OCPD simple y confiable, fabricado en una variedad de configuraciones formadas básicamente por uno o varios eslabones “fundibles” encapsulados en un tubo o alojamiento, conectados a las terminales. La resistencia eléctrica del eslabón es tan baja que actúa como un conductor hasta que se encuentra con niveles de corriente por encima de su clasificación de amperes. Entonces se funde y abre el circuito para proteger conductores, componentes y cargas.

Los fusibles para sistemas de distribución eléctrica comúnmente tienen tres características de desempeño únicas que cumplen las Leyes de Freimel de Protección contra Sobrecorriente (para más información, véase recuadro Leyes de Freimel de protección contra sobrecorriente):

- Alta clasificación de interrupción para abrir de manera segura corrientes de falla muy altas sin romperse.
- Limitación de corriente para “restringir” las corrientes de falla a valores bajos para una óptima protección de componentes y equipos, y ayudar a que el equipo alcance altas clasificaciones de corriente de cortocircuito (SCCR).
- Coordinación selectiva del sistema eléctrico en un rango completo de sobrecorrientes para ayudar a prevenir cortes de energía innecesarios causados por la apertura en cascada de los OCPD aguas arriba, cuando se aplican con las correctas relaciones de clasificación de amperes.

Leyes de Freimel de protección contra sobrecorriente y el código NEC

Primera ley. Clasificación de interrupción

- Los OCPD serán aplicados con una clasificación de interrupción igual o mayor que la máxima corriente de falla disponible.
- Cumplimiento del código: sección 110.9.

Segunda ley. Protección de los componentes del sistema

- Los OCPD serán seleccionados e instalados para despejar fallas sin causar daño a los componentes y equipos eléctricos.
- Cumplimiento del código: sección 110.10.

Tercera ley. Coordinación selectiva

- Un sistema eléctrico diseñado e instalado adecuadamente restringirá los cortes de energía SOLO al OCPD más cercano aguas arriba para el rango completo de sobrecorrientes y el tiempo de apertura asociado, dejando el resto del sistema sin interrupciones y preservando la continuidad del servicio.
- Cumplimiento del código: secciones 620.62, 645.27, 695.3(C)(3), 700.32, 701.27, 708.54.

Ley de Freimel	Sección del código	Cómo se logra
1ª. Clasificación de interrupción	110.9	Con fusibles con limitación de corriente, especialmente Low-Peak.
2ª. Protección de los componentes del sistema	110.10 y diversas secciones que implican SCCR	Con fusibles con limitación de corriente, especialmente Low-Peak, y componentes del tablero de control con SCCR alta (CCP, PDFB, entre otros).
3ª. Coordinación selectiva	620.62, 645.27, 695.3, 700.32, 701.27, 708.54.	Con fusibles con limitación de corriente, especialmente Low-Peak, QSCP, Power Module, CCPLP y servicios de ingeniería.

Tabla 1. Leyes de Freimel de protección contra sobrecorriente, en forma de tabla.



Cómo funcionan los fusibles

Como dispositivo de protección contra sobrecorriente, el fusible actúa como una “válvula de seguridad de electricidad” al ser una parte frágil en la trayectoria del circuito que, cuando es aplicado adecuadamente, se fundirá y abrirá el circuito para eliminar o reducir al mínimo cualquier daño que pueda ser provocado por un flujo excesivo de corriente. Existen muchas variedades y construcciones de fusibles, cada una desarrollada para satisfacer una necesidad de aplicación para una clase particular de protección contra sobrecorriente.

Protección contra sobrecorriente

Una sobrecorriente es una corriente de **sobrecarga**, una corriente de **cortocircuito** o una corriente de **falla a tierra**. La corriente de sobrecarga es un flujo excesivo de corriente relativo a la corriente de operación normal, pero continúa confinada a la trayectoria normal del circuito, formada por conductores, componentes y cargas. Las corrientes de cortocircuito o de falla a tierra fluyen fuera de la trayectoria normal del circuito.

Sobrecargas

Comúnmente, las sobrecargas están entre 1.35 y 6 veces el nivel de corriente normal. Usualmente son causadas por inofensivas y temporales corrientes de entrada que ocurren cuando los motores arrancan o los transformadores son energizados. Dichas sobrecargas, o corrientes transitorias, son eventos normales, y su breve duración no es perjudicial para los componentes del circuito; además, el incremento de temperatura asociado es mínimo y sin efectos dañinos. Es importante que los OCPD estén dimensionados adecuadamente y tengan las características de operación apropiadas, de manera que no reaccionen a estas sobrecargas temporales o causen “molestas interrupciones”.

Las sobrecargas persistentes, no temporales, pueden ser resultado de motores defectuosos (rodamientos desgastados) o cuando demasiadas cargas están en un solo circuito, y no debe permitirse que duren lo suficiente para dañar los componentes del sistema eléctrico, como a los conductores. Este daño eventualmente podría dar lugar a graves fallas si la sobrecarga no es interrumpida.

Debido a la naturaleza de baja magnitud inherente a la sobrecarga, suprimirlas dentro de los siguientes segundos, o incluso minutos, de su inicio generalmente evita daños térmicos.

Cortocircuitos

Los cortocircuitos difieren de las sobrecargas que pueden ser cientos o miles de veces mayores que la corriente de operación normal. Un cortocircuito de alto nivel puede ser de hasta 30 kA o 200 kA, y debe ser interrumpido tan pronto como sea posible para reducir al mínimo los daños, los cuales pueden incluir:

- Intensas fuerzas magnéticas que deforman y distorsionan las barras de distribución y sus soportes correspondientes, ocasionándoles daños irreparables.
- Daños graves al aislamiento
- Conductores eléctricos fundidos o vaporizados
- Metal vaporizado, que incluye barra alimentadora del equipo eléctrico.
- Gases ionizados
- Incendios por arco eléctrico
- Explosiones

Nota: “Corriente de falla” es un término general que se usa en este documento e incluye corrientes por: falla a tierra, arco eléctrico y cortocircuito.

Leyes de Friemel de protección contra sobrecorriente

Paul Friemel fue conocido en la industria eléctrica como el “Profesor de la Protección contra Sobrecorriente” desde mediados de los años sesenta hasta su muerte, en 2015. Como ingeniero, dictó seminarios sobre protección contra sobrecorriente eléctrica por más de 40 años. Entre sus muchos premios, fue galardonado con el Premio al Educador Destacado por el IEEE, como Miembro Senior de por Vida en 2004 y reconocido como Ingeniero Profesional Sobresaliente por la St. Louis Society of Professional Engineer en 2010. Formó parte del Comité para la Revisión del Código Eléctrico de St. Louis durante dos décadas; participó activamente en la Asociación Internacional de Inspectores Eléctricos (International Association of Electrical Inspectors) y fue conferenciante invitado por la Universidad de Washington y la Universidad de Missouri. Durante mucho tiempo fue miembro del Electrical Board of Missouri and Illinois, donde se desempeñó en varias ocasiones en la junta de directores. Friemel enseñó las tres **C** de la protección contra sobrecorriente, que ahora son conocidas como Leyes de Friemel de protección contra sobrecorriente:

1ª ley. Clasificación de interrupción (**C**apacidad)

2ª ley. Protección de los **C**omponentes del sistema

3ª ley. **C**oordinación selectiva

El conocimiento y entendimiento de estos tres principios clave de protección contra sobrecorriente eléctrica dará como resultado un sistema eléctrico seguro y confiable que cumple con la normatividad correspondiente.



Construcción

El fusible es un OCPD altamente eficiente con un diseño sencillo basado en principios físicos elementales para interrumpir y limitar sobrecorrientes. Tener una idea de su construcción ayuda a entender su aplicación.

Como se muestra en la Figura 2, los fusibles tienen cuatro partes comunes a la mayoría de los diseños: alojamiento (tubo o cartucho), terminales (cuchillas o casquillos), eslabón fusible (elemento) y relleno para extinción del arco eléctrico. Existen diferentes tipos de fusibles que proporcionan las características de operación requeridas para satisfacer las diferentes necesidades de protección de un circuito.



Figura 2. Fusible LPS-RK, Low-Peak, de doble elemento y retardo de tiempo, que muestra las cuatro características de construcción comunes.

Comúnmente, la construcción de un fusible ofrece los siguientes beneficios:

Rechazo físico. Los fusibles tienen características de rechazo basadas en sus dimensiones físicas o por una característica de construcción. Generalmente, un fusible de cierta clase y tamaño no puede ser instalado en un montaje para diferente clase y distinto tamaño de fusible. Esto asegura que el fusible de reemplazo tendrá las mismas clasificaciones de tensión e interrupción. Una excepción son los fusibles Clase R, que pueden instalarse en montajes para fusibles Clase H(K) para mayor protección, sin embargo, los fusibles Clase H(K) no pueden ser instalados en portafusibles o bloques para fusibles Clase R.

El fusible Clase J es otro ejemplo. Su rechazo por dimensiones evita instalar cualquier otro tipo de fusible y virtualmente elimina la instalación del tipo de fusible incorrecto con características de funcionamiento diferentes y potencialmente menores. A menos que el usuario reemplace el portafusible, el bloque o el interruptor, es muy difícil instalar un fusible de reemplazo equivocado.

Diseño sellado y sin descarga. Los fusibles no ventilan cuando interrumpen corrientes de falla. Todo el arco eléctrico se contiene y extingue dentro del cuerpo del fusible. Esto reduce el riesgo de que vapores de metal causen daño innecesario a otros componentes que se encuentran dentro del gabinete. Como parte de su diseño, algunos OCPD ventilan cuando interrumpen corrientes de falla. Además, el uso de fusibles reduce el costo de operación al eliminar la necesidad de guardas o barreras para protección contra la descarga.

Diseño sellado, fijo y térmico. Los fusibles con limitación de corriente están contruidos con un alojamiento, tubo o cuerpo sellado y no contienen partes que deban moverse cuando abren un circuito debido a una sobrecorriente. Al operar bajo principios de energía térmica, el fusible mejora la confiabilidad del sistema eléctrico al no depender de resortes, palancas o cerrojos, los cuales requieren mantenimiento periódico para asegurar un funcionamiento adecuado y continuo.

Fusibles de reemplazo calibrados en fábrica

No existe el peligro de que un fusible no pueda operar como se pretende cuando es calibrado en fábrica, sin necesidad de ajustes en campo. Esto reduce al mínimo la posibilidad de una aplicación incorrecta al eliminar la necesidad de ajustar o cambiar en campo la configuración del dispositivo. Ingenieros y especificadores pueden estar seguros de que el nivel de protección contra sobrecorriente requerido se cumple y se conserva.

Cuando los fusibles son reemplazados, la integridad del sistema se conserva, al asegurar la misma protección durante muchos años más.

El uso de OCPD térmicos o electrónicos en sistemas eléctricos para protección contra sobrecargas, tales como arrancadores de motor, es muy conveniente ya que pueden ser fácilmente restablecidos por el operador o usuario (después de corregir la causa de la sobrecorriente) para que la producción pueda reanudarse rápidamente. Por otra parte, si ocurre una falla, un electricista calificado debe encontrar y corregir la causa antes de restablecer el dispositivo o reemplazar el fusible. Si a una persona no calificada se le permite simplemente restablecer el dispositivo, podría presentarse una situación de peligro contra la seguridad si la falla continúa dentro del sistema.

Los fusibles ayudan a cumplir con la normatividad federal y otras normas de seguridad al eliminar la petición a un operador de "restablecer" un dispositivo después de una falla, sin investigar y remediar previamente la causa. El código OSHA, Sección 1910.334(b)2, no permite esta práctica; requisitos similares se encuentran en la Sección 130 de la NFPA 70E. Los fusibles ayudan a prevenir que esto suceda, ya que es más probable que personal calificado conozca el procedimiento de reemplazo del fusible. Además, una gran cantidad de personal de mantenimiento en instalaciones industriales prefiere los fusibles por la simple razón de que la persona encargada de solucionar problemas es más dirigida a investigar la causa de la apertura del fusible que simplemente a reemplazar el fusible.



Fusible sin retardo de tiempo

Dependiendo de la clasificación de amperes del fusible, los fusibles sin retardo de tiempo y de “un solo elemento” pueden tener uno o más eslabones. Están conectados eléctricamente a las terminales (cuchillas o casquillos) (véase Figura 3) y encerrados en un tubo o cartucho que contiene un material de relleno que rodea el eslabón y extingue el arco eléctrico. Muchos fusibles Limitron™, Bussmann series, son fusibles de “un solo elemento”.

Bajo condiciones de operación normal, cuando el fusible es aplicado a, o cerca de, su clasificación de amperes, simplemente funciona como un conductor. Si ocurre una sobrecarga y persiste por más de un corto intervalo de tiempo, como se ilustra en la Figura 4, la temperatura del eslabón eventualmente alcanza un nivel que causa que un segmento reducido del eslabón (cuello) se funda. Como resultado, se forma un hueco y se establece un arco eléctrico. Como el arco causa que el eslabón se queme, el hueco se hace progresivamente más grande. La resistencia del arco eléctrico finalmente alcanza un nivel tan alto que no puede ser sostenido y es extinguido con la ayuda de las propiedades de extinción de arco del material de relleno (véase Figura 5). Entonces, el fusible habrá interrumpido completamente todo flujo de corriente en el circuito.

Los diseños actuales de fusibles de un solo elemento responden muy rápidamente a sobrecorrientes, con excelente protección contra corriente de falla de los componentes. Sin embargo, sobrecargas inofensivas y temporales (corrientes de arranque asociadas con cargas inductivas, como motores, transformadores y solenoides) pueden ocasionar molestos cortes, a menos que estos fusibles sean sobredimensionados. Por consiguiente, es preferible utilizarlos en circuitos no sujetos a corrientes de energización elevadas.

Mientras que una sobrecarga es 1.35 a 6 veces la corriente normal, las corrientes de falla son bastante elevadas y el fusible puede estar sujeto a corrientes de falla de 30 kA o más. La respuesta de limitación de corriente del fusible a dichas corrientes elevadas es extremadamente rápida ya que los segmentos reducidos (cuellos) del eslabón se fundirán simultáneamente en dos o tres milésimas de segundo.

La elevada resistencia total de los arcos múltiples junto con el material de relleno de extinción del arco eléctrico da como resultado una rápida eliminación del arco eléctrico y despeje de la falla (véanse figuras 6 y 7). La corriente de falla es interrumpida en menos de un cuarto de ciclo, mucho antes que alcance su valor total (con el fusible funcionando dentro de su rango de limitación de corriente).

Los fusibles Bussmann series para circuitos derivados, Listados UL, juegan un papel importante en las instalaciones comerciales e industriales para proporcionar la máxima protección confiable a los sistemas de energía. Sus dimensiones físicas o sus características de rechazo evitan reemplazar un fusible con otro de diferente clase. Esto ayuda a asegurar que siempre es instalado el fusible de reemplazo correcto y las clasificaciones de voltaje e interrupción siguen siendo las mismas. Se muestra el tamaño de cada clase de fusible en relación al tamaño de una moneda de un cuarto de dólar americano (lado izquierdo de la imagen).

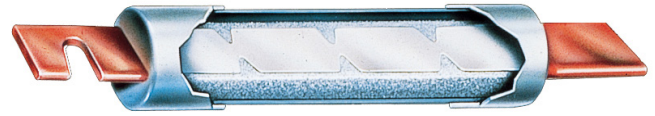


Figura 3. Vista de corte de un típico fusible de un solo elemento

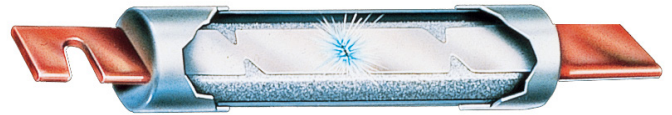


Figura 4. Bajo una sobrecarga sostenida, una sección del eslabón se funde y se inicia el arco eléctrico.



Figura 5. Fusible de un solo elemento “abierto” después de abrir una sobrecarga del circuito.



Figura 6. Cuando están sujetas a una corriente de falla, varias secciones del eslabón del fusible se funden casi instantáneamente.



Figura 7. Fusible de un solo elemento “abierto” después de abrir un cortocircuito.



FRN-R. Clase RK5, 250 V, IR de 200 kA, hasta 600 A



LPN-RK. Clase RK1, 250 V, IR de 300 kA, hasta 600 A



LPJ. Clase J, 600 V, IR de 300 kA, hasta 600 A



LP-CC, FRQ-R, KTK-R. Clase CC, 600 V, IR de 200 kA, hasta 30 A



FRS-R. Clase RK5, 600 V, IR de 200 kA, hasta 600 A



LPS-RK. Clase RK1, 600 V, IR de 300 kA, hasta 600 A



JJN. Clase T, 300 V, IR de 200 kA, hasta 1,200 A



JJS. Clase T, 600 V, IR de 200 kA, hasta 800 A

Fusible de doble elemento, con retardo de tiempo

Tiene muchas ventajas usar fusibles de "doble elemento", con retardo de tiempo, que cuentan con un eslabón para sobrecarga y un elemento para cortocircuito conectados en serie, de ahí su denominación de "doble elemento". A diferencia de los fusibles de "un solo elemento", los fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, Bussmann series, pueden ser dimensionados más cercanos al valor de la carga, para ofrecer un alto desempeño tanto para cortocircuitos como para protección contra sobrecarga.

El elemento para sobrecarga proporciona el "retardo de tiempo" intencional que permite a las sobrecargas temporales pasar sin causar daños. Esta es la razón por la que estos fusibles pueden ser dimensionados más cercanos al valor de la carga que los fusibles sin retardo de tiempo, los cuales deben ser sobredimensionados para dejar pasar las corrientes de arranque y no producir molestos cortes.

El elemento para cortocircuito se encarga de manejar las corrientes de falla, y cuando se abre el fusible dentro de su rango de limitación de corriente, no es posible que la corriente de falla disponible total fluya a través del fusible, solo es cuestión de física. Las pequeñas secciones reducidas del elemento para cortocircuito rápidamente se vaporizan con el material de relleno, ayudando y obligando a que la corriente reduzca su valor a cero, y así "limitar la corriente de falla".

Anatomía de un fusible de doble elemento, con retardo de tiempo



Figura 8. Fusible Clase R, Low-Peak

El fusible Clase RK1, Low-Peak, de doble elemento, LPS-RK100SP, 100 A, 600 V, tiene un excelente retardo de tiempo para soportar altas corrientes de arranque, junto con una excelente limitación de corriente y una clasificación de interrupción de 300 kA. La Figura 8 muestra la construcción interna del fusible. En el fusible real, el tubo no es transparente y el material de relleno para extinción del arco rodea completamente el elemento y llena el espacio interno del tubo.

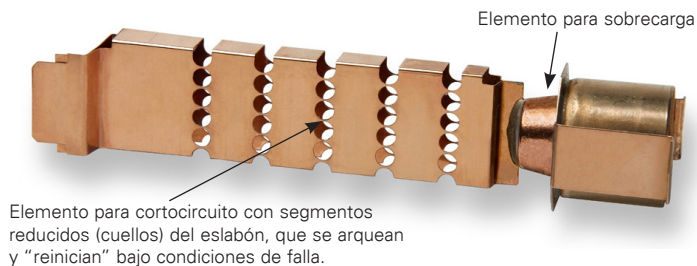


Figura 9. Construcción de "doble elemento"

El fusible real de doble elemento tiene separados y distintos los elementos para cortocircuito y para sobrecarga, conectados en serie como se muestra en la Figura 9.

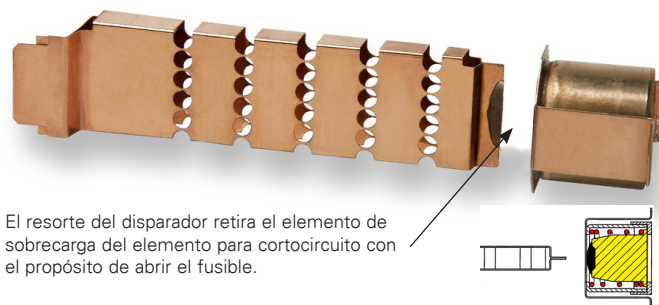
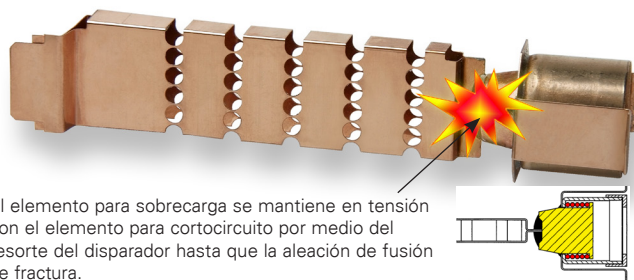


Figura 10. Operación del elemento de sobrecarga

La operación bajo condiciones persistentes de sobrecarga, como se muestra en la Figura 10, causa que el resorte del disparador fracture la aleación de fusión calibrada y libere el "conector". Los recuadros muestran el elemento de sobrecarga antes y después de que se abra. El resorte en espiral empuja el conector desde el elemento de cortocircuito y se interrumpe el circuito.

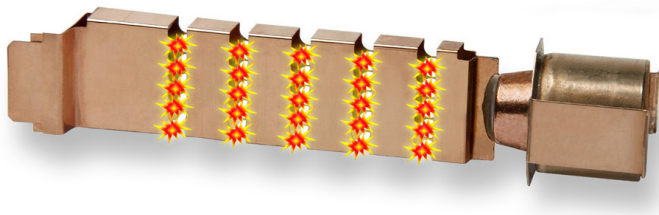


Figura 11. Operación del elemento de cortocircuito bajo condiciones de falla

Para operación bajo condiciones de falla, el elemento de cortocircuito está diseñado con una cantidad mínima de metal en las porciones restringidas para mejorar considerablemente la limitación de corriente del fusible y reducir al mínimo la corriente pasante de cortocircuito. La corriente de falla ocasiona que las porciones restringidas (cuellos) del elemento de cortocircuito se vaporicen e inicie el arco eléctrico, como se muestra en la Figura 11. Los arcos individuales vuelven a quemar el elemento, dando como resultado arcos más grandes que reducen la corriente, con el relleno para extinción del arco ayudando a extinguir los arcos y forzar la corriente a cero.

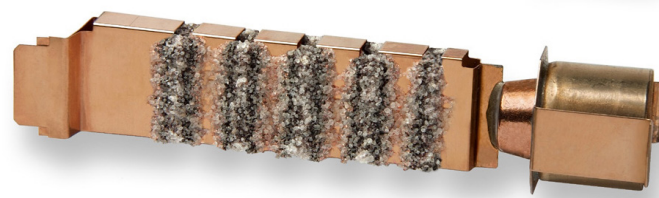


Figura 12. El material de relleno para extinción de arco ayuda a sofocar el arco eléctrico por fusión y formación de fulgurita.

Como resultado de una operación de cortocircuito, el material para extinción del arco eléctrico, compuesto de pequeños gránulos, tiene un papel importante en el proceso de interrupción ya que ayuda a extinguir los arcos eléctricos al absorber su energía térmica y fundirse para formar un material de barrera aislante, llamado fulgurita, como se muestra en la Figura 12.

Ventajas del fusible de doble elemento sobre el fusible de un solo elemento

Los fusible de doble elemento, con retardo de tiempo, Bussmann series, tienen seis claras ventajas sobre los fusibles de un solo elemento, sin retardo de tiempo:

1. Protección contra cortocircuito y sobrecarga del motor

Cuando fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, Bussmann series, protegen circuitos con altas corrientes de arranque, como motores, transformadores y otros componentes inductivos, los fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, Low-Peak y Fusetron™, Bussmann series, pueden ser dimensionados muy cercanos a la corriente a plena carga para maximizar la protección contra sobrecorriente. Dimensionados adecuadamente, soportarán las sobrecargas normales, temporales, hasta que desaparezcan. Por ejemplo, un motor de 10 hp, 200 volts, trifásico, con un factor de servicio de 1.15, tiene una clasificación de corriente a plena carga de 32.2 A (véase Figura 13).



Figura 13. Circuito de motor con fusible de doble elemento y retardo de tiempo

Un fusible de 40 A, de doble elemento, con retardo de tiempo, protegerá al motor de 32.2 A, comparado con un fusible más grande de 100 A, de un solo elemento, sin retardo de tiempo, que podría ser necesario para soportar las corrientes de arranque temporales. Si una dañina sobrecarga de 200%, sostenida, ocurriera en el circuito del motor, el fusible de 100 A, de un solo elemento, sin retardo de tiempo, nunca se abriría, y el motor podría dañarse porque este fusible solo proporciona protección contra cortocircuito y falla a tierra. Además, el circuito con fusibles sin retardo de tiempo podría requerir protección separada para la sobrecarga del motor, según el código NEC. En contraste, el fusible de 40 A, con doble elemento y retardo de tiempo, proporciona la misma protección contra cortocircuito y falla a tierra, más la protección contra sobrecarga (eliminando el requisito del código de proporcionar protección separada para la sobrecarga del motor) (véase Figura 14).

Fusible e interruptor dimensionados para motor de 10 hp (200 V, 3Ø, 32.2 FLA)

Tipo de fusible	Capacidad máx. del fusible (A)	Interruptor requerido (A)
Fusetron FRS-S o FRN-R de doble elemento, con retardo de tiempo	40*	60
Limitron de un solo elemento sin retardo de tiempo	100†	100

* Según NEC 430.32
 † Según NEC 430.52

En instalaciones normales, los fusibles de doble elemento, Bussmann series, dimensionados para protección del motor en marcha o protección contra sobrecarga, proporcionan mejor protección contra fallas más un alto grado de protección de respaldo contra el quemado del motor debido a sobrecarga o marcha con la falla de una fase, en caso de otros dispositivos de protección contra sobrecarga (véase recuadro "En la falla de una fase... ¿son un problema los fusibles?," página 10). En caso de sobrecargas térmicas, si relevadores o contactos no funcionan correctamente, el fusible de doble elemento, dimensionado adecuadamente, actuará de manera independiente para proporcionar protección de "respaldo" al motor.

Cuando ocurre una fase en el secundario, la corriente en las fases restantes se incrementa entre 173% y 200% de la corriente a plena carga nominal del motor. Pero si la pérdida de una fase ocurre en el primario, el desbalanceo de tensiones en el circuito del motor también origina corrientes excesivas. Los fusibles de doble elemento dimensionados para protección contra sobrecarga del motor pueden ayudar a proteger contra daño de sobrecarga causado por la pérdida de una fase.

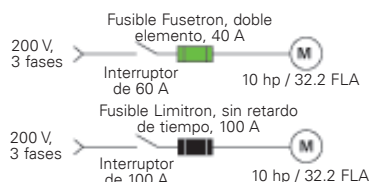


Figura 14. Dimensionar el fusible más cerca del valor de la carga permite usar interruptores más pequeños y de menor costo.

2. Permiten usar interruptores más pequeños y de menor costo

Los fusibles con doble elemento y retardo de tiempo, Bussmann series, permiten usar interruptores más pequeños, que ahorran espacio y son de menor costo, porque un fusible de un solo elemento con mayor clasificación de amperes, dimensionado adecuadamente, haría necesario usar interruptores más grandes, ya que la clasificación del interruptor debe ser igual o mayor que la clasificación de amperes del fusible. En conclusión, un interruptor más grande podría costar dos o tres veces más, en lugar de usar un fusible de doble elemento, Low-Peak o Fusetron, Bussmann series. (Nota: Si ya estuviera instalado un interruptor más grande para fusibles de un solo elemento, se pueden instalar fusibles de doble elemento, más pequeños, dimensionados adecuadamente, para protección contra sobrecarga del motor o de "respaldo," usando adaptadores de fusibles, que permiten instalar fusibles de menor tamaño en montajes para fusibles de mayor tamaño.)

3. Mejor protección contra cortocircuito a los componentes (limitación de corriente)

Los fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, proporcionan mejor protección a los componentes que los fusibles de acción rápida, sin retardo de tiempo, los cuales deben sobredimensionarse para circuitos con sobrecargas temporales o de arranque. Los fusibles con retardo de tiempo sobredimensionados tienen una respuesta más lenta a las fallas que los fusibles con retardo de tiempo, más pequeños, porque la corriente llegará a un nivel más alto antes de que el fusible se abra, por tanto, la limitación de corriente del fusible sobredimensionado es inferior a la de un fusible con clasificación de amperes que esté más cercana a la corriente normal a plena carga del circuito.

4. Simplifica y mejora la coordinación selectiva para prevenir cortes de energía

Cuanto mayor sea un fusible aguas arriba, en relación con un fusible aguas abajo (alimentador o derivado), es menos probable que una sobrecorriente en el circuito aguas abajo cause que ambos fusibles se abran (falta de coordinación selectiva). Para estar selectivamente coordinados, los fusibles Low-Peak, Bussmann series, requieren únicamente una relación de clasificación de amperes de 2:1. Esto contrasta con un fusible de acción rápida, sin retardo de tiempo, que podría requerir al menos una relación de clasificación de amperes de 3:1 entre un fusible Low-Peak de gran capacidad, aguas arriba del lado de la línea, con retardo de tiempo, y un fusible Limitron, Bussmann series, aguas abajo del lado de la carga.

Como se muestra en la Figura 15, dimensionados con precisión, los fusibles de doble elemento, Low-Peak, Bussmann series, en el circuito derivado para protección contra sobrecarga de motores, muestran una gran diferencia en las clasificaciones de amperes (relación de 3.75:1) entre los fusibles del circuito alimentador y el circuito derivado, en comparación con el fusible Limitron de un solo elemento, sin retardo de tiempo, con el fusible Limitron, 90 A, que no cumple la relación publicada de 3:1, necesaria para coordinación selectiva.

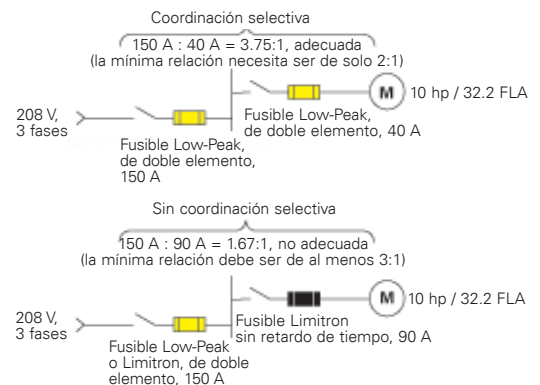


Figura 15. Los fusibles Low-Peak permiten dimensionar el fusible a un valor más cercano al valor de la carga, para una mejor protección, y utilizar interruptores más pequeños, de menor costo, a la vez que se mantiene la coordinación selectiva para ayudar a prevenir los cortes de energía.

En la falla de una fase... ¿son un problema los fusibles?

La falla de una fase en circuitos para motores de tres fases puede crear tensiones desbalanceadas y/o condiciones de sobrecorriente que, si se permite que persistan, dañarán los motores. En los modernos circuitos de motores, los fusibles y los dispositivos de protección contra sobrecarga aplicados adecuadamente proporcionan un alto grado de protección contra la falla de una fase. Las principales consideraciones acerca de la falla de una fase incluyen:

- Debe evitarse la falla de una fase, existen varias razones:
 - Los servicios fallan en una fase.
 - Las terminaciones de los conductores se sobrecalientan.
 - La desconexión no "crea" un polo.
 - Los contactos del controlador se queman.
- Antes de 1971, la falla de una fase afectaba a los motores de tres fases instalados según el código NEC, porque la protección contra sobrecarga solo era requerida en dos fases. En 1971, la NEC remedió el problema al agregar el requisito para circuitos con motores trifásicos de tener protección contra sobrecarga de motores en las tres fases. Esto ofrecía protección contra las peores condiciones vistas cuando en una empresa de servicios públicos fallaba una fase en el primario del transformador.
- Tres dispositivos de protección contra sobrecarga del motor, dimensionados adecuadamente, requeridos ahora en la NEC 430.37, proporcionan la protección suficiente.
- La mayoría de las sobrecargas electrónicas, los controladores de arranque suave y los actuadores tienen opciones para detectar desbalances de tensiones y proporcionar protección contra la falla de una fase.
- Aunque los interruptores automáticos no provocan la falla de una fase, a menos que el contacto de un polo lo "haga", no proporcionan protección contra la falla de una fase.
- Los fusibles ofrecen excelente limitación de corriente de cortocircuito para proteger a conductores y arrancadores del circuito de motores, incluida protección Tipo 2 "Sin daño" cuando se dimensionan adecuadamente.
- Los centros de control de motores con fusibles se benefician con el corto tiempo de despeje de un fusible con limitación de corriente, que también ayuda a reducir los niveles de energía incidente, mitigar los peligros de arco eléctrico y proteger a los trabajadores.

5. Mejor protección de motores en temperaturas ambiente elevadas

Antes de seleccionar un fusible o un OCPD, debe conocerse la temperatura ambiente de la aplicación, de tal manera que pueda determinarse la clasificación de corriente adecuada a través de lo que se conoce como "factor de reducción". Como todos los fusibles, el fusible de doble elemento debe ser subdimensionado con base en el aumento de la temperatura ambiente. A elevadas temperaturas ambiente, las curvas de reducción del fusible y las curvas de reducción del motor son muy similares. La Figura 16 ilustra el efecto que tiene la temperatura ambiente sobre las características de operación de los fusibles de doble elemento Low-Peak y Fusetron, Busmann series. Esta característica exclusiva permite la óptima protección del motor, incluso a altas temperaturas. Acerca de los efectos de reducción en los fusibles de un solo elemento o sin retardo de tiempo, véase Figura 17.

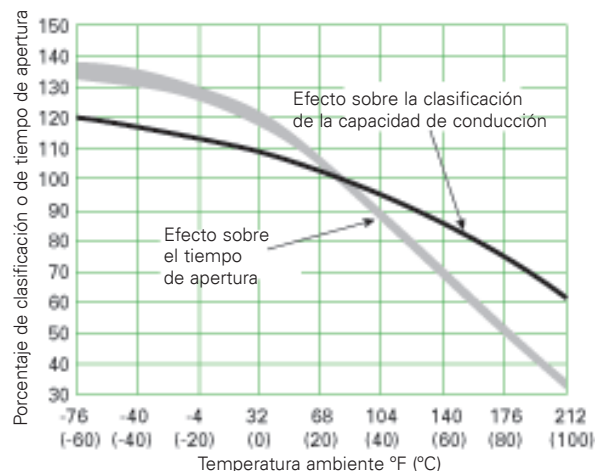


Figura 16. Curva de reducción de fusibles de doble elemento por temperatura ambiente

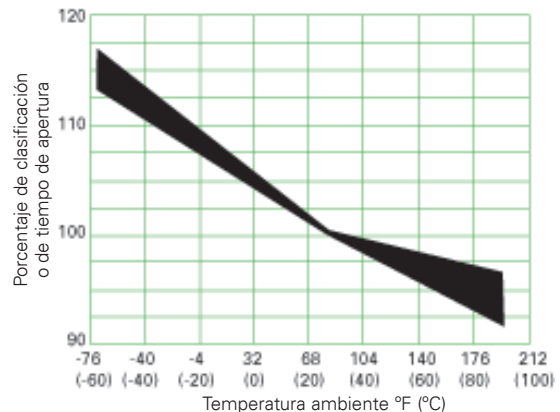
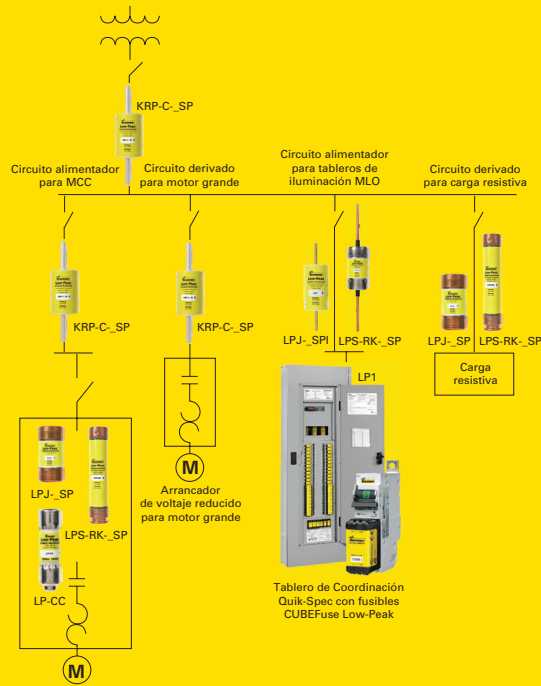


Figura 17. Curva de reducción de fusibles de un solo elemento por temperatura ambiente

6. Cuando son dimensionados de forma adecuada, ofrecen protección Tipo 2 "Sin daño" al arrancador del motor

Los fusibles ayudan a reducir el tiempo de inactividad cuando se especifica protección Tipo 2 "Sin daño" (en lugar de Tipo 1) con fusibles dimensionados adecuadamente. La protección Tipo 2 asegura que, dentro de los límites especificados, ningún daño ocurrirá al contactor o relé de sobrecarga. Con protección Tipo 2, se permite soldadura de contacto ligera, pero debe ser fácilmente separable, permitiendo al equipo ser colocado de nuevo en servicio sin tener que reemplazar o recalibrar ningún componente. Es necesario un dispositivo con limitación de corriente para lograr protección Tipo 2, con frecuencia se requieren fusibles Clase CC, CF, J o RK1. En estas circunstancias, cuando el fusible del circuito derivado protege al circuito del motor, no es necesario reemplazar el arrancador, y los tiempos de inactividad se reducen o eliminan.

Sistema con fusibles Low-Peak, Bussmann series



Especificar la familia de fusibles Low-Peak para todo el edificio tiene los siguientes beneficios:

- Tamaño del fusible y con rechazo de clase integrados, para mayor seguridad.
- Coordinación selectiva con una relación mínima de 2:1 amperes
- Máxima protección de limitación de corriente para el equipo de distribución.
- Protección Tipo 2 "Sin daño" para el arrancador del motor cuando es dimensionado adecuadamente.
- Reducción de inventario
- Clasificaciones de interrupción hasta 300 kA
- Mitigación del peligro de arco eléctrico

Clasificaciones

Todos los fusibles tienen tres clasificaciones básicas:

- Voltaje (CA o CD o ambas)
- Amperes
- Interrupción

Entender estas tres clasificaciones, su significado y cómo se aplican a la protección de circuitos es crucial para especificar la correcta y, en muchos casos, óptima protección del circuito.

Clasificación de voltaje

Un aspecto de la aplicación adecuada de un OCPD requiere que la clasificación de voltaje del OCPD sea igual o mayor que la tensión del sistema. Cuando un OCPD se aplica más allá de su clasificación de voltaje, puede que no existan indicios iniciales de que algo anda mal. Pero cuando intenta interrumpir una sobrecorriente, pueden resultar consecuencias negativas y puede autodestruirse de manera peligrosa o insegura. Hay dos tipos de clasificación de voltaje de un OCPD: clasificación directa de voltaje y doble clasificación de voltaje (V_1/V_2).

Dispositivos con clasificación directa

Un OCPD con clasificación directa de voltaje puede instalarse en cualquier sistema eléctrico, independientemente del sistema de conexión a tierra.

Todos los fusibles tienen clasificación directa de voltaje y su aplicación adecuada es directa (es decir, 600 V, 480 V, 240 V). Estos OCPD han sido evaluados para un funcionamiento adecuado a la tensión total línea a línea usada durante la prueba, listado y marcado.

La clasificación de voltaje del fusible representa su capacidad para abrirse bajo una condición de sobrecorriente mientras que extingue el arco eléctrico que ocurre después que el eslabón se funde y se produce un arco. Si se aplica con una clasificación de voltaje más baja que la tensión del circuito, la extinción del arco será deficiente y, bajo ciertas condiciones, no podría despejar de manera segura la sobrecorriente.

La clasificación de voltaje del fusible debe ser igual o mayor que la tensión del circuito. Por ejemplo, un fusible con clasificación nominal de 600 V puede usarse en un circuito de 208 V, pero un fusible con clasificación nominal de 250 V no puede usarse en un circuito de 480 V.

La mayoría de los fusibles de baja tensión para distribución de energía tienen clasificación de 250 V o 600 V (otras clasificaciones son 125 V, 300 V y 480 V). Los fusibles LPJ (Clase J), Low-Peak, Bussmann series, están clasificados para 600 V y pueden usarse en sistemas de 600 V o menores si el sistema está sólidamente conectado a tierra, sin conexión a tierra, con impedancia a tierra o es un sistema Delta con esquina a tierra.

Un OCPD con clasificación directa (ya sea un fusible o un interruptor automático) que protege a un solo polo puede usarse para proteger cargas monofásicas, línea-neutro, cuando es alimentado por un circuito trifásico, sólidamente conectado a tierra. Por ejemplo, un fusible clasificado para 300 V puede usarse para proteger cargas monofásicas, línea-neutro, cuando es alimentado por un circuito de 480/277 V, trifásico, sólidamente conectado a tierra, donde la tensión monofásica, línea-neutro, es 277 V. Esto se permite en esta aplicación porque un fusible de 300 V no tendrá que interrumpir una tensión mayor a su clasificación de 300 V.

Dispositivos con doble clasificación de voltaje (V_1/V_2)

Los OCPD con doble clasificación de voltaje tienen limitaciones que no tienen los OCPD con clasificación directa de voltaje. Los OCPD mecánicos, multipolos, con clasificación directa de voltaje, como los interruptores automáticos, los arrancadores autoprotegidos y los controladores manuales de motores están limitados en su aplicación y requieren una evaluación adicional para usarse.

La doble clasificación puede desglosarse en su número más alto y su número más bajo, los cuales pueden interpretarse de la siguiente manera:

- El número de clasificación más bajo pertenece a sobrecorrientes a tensiones **línea a línea**, que se pretende despejar mediante un polo del dispositivo.
- El número de clasificación más alto pertenece a sobrecorrientes a tensiones **línea a línea**, que se pretende despejar mediante dos o tres polos del dispositivo.

La aplicación adecuada del interruptor automático con doble clasificación es tal que:

- La tensión **línea a tierra** no sobrepasa la clasificación de voltaje más baja del dispositivo.
- La tensión **línea a tierra** (entre dos conductores cualesquiera) no sobrepasa la clasificación de voltaje más alta del dispositivo. (Código NEC, Sección 240.85)

Entender las clasificaciones alta y baja es importante ya que la aplicación incorrecta de un dispositivo con doble clasificación puede provocar que sea aplicado fuera de su clasificación de voltaje, con graves consecuencias en caso de que el dispositivo tenga que interrumpir sobrecorrientes.

Los interruptores automáticos con doble clasificación no están diseñados para abrir tensiones línea a línea por medio de un solo polo, debe usarse un OCPD con clasificación directa. Por ejemplo, un interruptor automático para 480 V puede tener que abrir una sobrecorriente a 480 V con un polo solamente, como podría ocurrir cuando la Fase A se va a tierra en un sistema Delta con esquina a tierra, 480 V, Fase B.

Los interruptores automáticos con doble clasificación únicamente pueden usarse en sistemas de distribución de energía sólidamente conectados a tierra. La aplicación adecuada de los interruptores automáticos moldeados en sistemas trifásicos, además de los sistemas Estrella sólidamente conectados a tierra, particularmente en los sistemas Delta con esquina a tierra, debe considerar la capacidad de interrupción de un polo individual del interruptor automático. (Código NEC, Sección 240.85)

Los dispositivos con doble clasificación, como los controladores de motores, no pueden usarse en los siguientes sistemas (Código NEC, Sección 430.83(E)):

- Con impedancia a tierra
- Sistemas Estrella sin conexión a tierra
- Sistemas Delta sin conexión a tierra
- Sistemas Delta con esquina a tierra

Otros dispositivos con doble clasificación, como los controladores de motores, tienen estas mismas limitaciones. Estos incluyen, pero no se limitan a:

- Controladores manuales de motores. UL 508
- Arrancadores, combinación de autoprotegidos y Tipo E. UL 508
- Protectores suplementarios. UL 1077. Tienen el aspecto de pequeños interruptores automáticos y algunas veces son llamados miniinterruptores. Sin embargo, estos dispositivos no están clasificados para protección de circuitos derivados y no pueden usarse donde se requiera protección para circuitos derivados.

Los estándares de productos requieren que los dispositivos con doble clasificación de voltaje se marquen con sus clasificaciones, por ejemplo, 480 Y/277 V. Si el tablero de una máquina o equipo utiliza un dispositivo con doble clasificación de voltaje, se recomienda que la placa de identificación del equipo designe la doble clasificación de voltaje como la clasificación de voltaje del equipo. La norma UL 508A, Tableros de Control Industrial, requiere que el marcado de tensión del tablero sea de doble clasificación si al menos un dispositivo en el tablero es de doble clasificación de voltaje.



Clasificación de amperes

En general, la clasificación de amperes del OCPD indica la cantidad de corriente que puede fluir a través del dispositivo sin causar que se abra. Las clasificaciones estándar de corriente para fusibles y para interruptores automáticos de tiempo inverso se muestran en la Tabla 2 (código NEC, Sección 240.6).

Es importante entender esta tabla NEC. Se hace referencia al código NEC, sección 240.6, siempre que los requisitos especifiquen "...se utilizará la siguiente clasificación superior estándar del dispositivo contra sobrecorriente". La siguiente clasificación superior estándar del OCPD no se basa en la literatura del fabricante, sino siempre se obtiene de la Sección 240.6 del código NEC.

Clasificaciones solo para fusibles

1	3	6	10	601
---	---	---	----	-----

Clasificaciones para fusibles e interruptores automáticos

15	20	25	30	35
40	45	50	60	70
80	90	100	110	125
150	175	200	225	250
300	350	400	450	500
600	700	800	1,000	1,200
1,600	2,000	2,500	3,000	4,000
5,000	6,000	—	—	—

Tabla 2. Código NEC, Tabla 240.6, clasificaciones de amperes estándar. También véase recuadro "El código NEC y las 'Clasificaciones solo para fusibles'".

Al seleccionar la clasificación de amperes del fusible se deberá dar especial atención al tipo de carga y a los requisitos del código NEC. Normalmente, la clasificación de amperes del fusible no debe sobrepasar la capacidad de transporte de corriente de los conductores del circuito, que está determinada por los factores de ajuste de ampacidad, e incluyen cómo y dónde es conducida y otras áreas de ajuste relacionadas con el código NEC. Por lo general, si la capacidad de transporte de corriente de un conductor es de 20 amperes, un fusible de 20 amperes es el fusible de mayor clasificación que se puede usar para proteger el conductor, Existen circunstancias específicas en las cuales se permite que la clasificación de amperes del OCPD sea mayor que la capacidad de transporte de corriente del circuito, con los circuitos de motores como excepción común. Generalmente, se permite que los fusibles con doble elemento y retardo de tiempo sean dimensionados hasta 175%, y los fusibles sin retardo de tiempo hasta 300% de los amperes del motor a plena carga. Por regla general, la combinación de clasificación de amperes del fusible e interruptor debe seleccionarse a 125% de la corriente a carga ininterrumpida del motor (esto normalmente corresponde a la capacidad del circuito, que también se selecciona a 125% de la corriente de carga). Hay excepciones, como cuando la combinación de fusible-interruptor es aprobada para operación ininterrumpida a 100% de su clasificación.



Figura 18. Pueden causarse incendios si no se aplica la correcta clasificación de amperes del OCPD.

La fotografía de la Figura 18 ilustra claramente los efectos que tiene la sobrecorriente sobre los componentes eléctricos cuando la clasificación de amperes del OCPD no está dimensionada para la clasificación del componente.

El código NEC y “las clasificaciones solo para fusibles”

Como parte del código NEC 1978, las “clasificaciones solo para fusibles” mostradas en la Tabla 2 fueron agregadas porque los aportes públicos se enfocaron en la protección de motores y en el deseo de ofrecer la clasificación de amperes más pequeña posible para una efectiva protección contra cortocircuito. Fueron aceptados dos aportes públicos.

Un aporte público abordó los fusibles con clasificación menor a 15 amperes, con el remitente señalando la justificación de que estos fusibles son requeridos frecuentemente en circuitos derivados de motores para proporcionar protección contra falla de tierra y cortocircuito. La fundamentación para estas clasificaciones de fusible surgió de los resultados de la prueba, los cuales muestran que los fusibles con clasificación de 1, 3, 6 o 10 amperes proporcionan la protección deseada en circuitos derivados de motores, para motores con corriente a plena carga menor a 3.75 amperes ($3.75 \times 400\% = 15$). Estas clasificaciones también se muestran comúnmente en las tablas de relevadores de sobrecarga de los fabricantes de equipo de control. Los elementos del relevador para sobrecarga de motores muy pequeños, con pequeñas corrientes de motor a plena carga, tienen tal resistencia que una falla atornillada en las terminales de carga del controlador produce una corriente de falla de menos de 15 amperes, independientemente de la corriente disponible en las terminales de la línea. Un dispositivo de protección contra sobrecorriente clasificado para 15 amperes es incapaz de proporcionar la protección contra cortocircuito o falla de tierra requerida en dichos circuitos por la Sección 110.10.

El otro aporte público agregó el fusible Clase L, 601 A, para protección de motores, ya que el fusible de 601 A no estaba incluido en esta tabla, y el siguiente mayor tamaño estándar que estaría permitido sería un fusible de 700 A. Cuando la NEC solicitó el siguiente mayor OCPD estándar para ser autorizado, y cuando la clasificación de amperes calculada es mayor que 500 A, solamente el fusible Clase L, 700 A, podría haber sido autorizado para la instalación.

Antes del NEC 1978, el NEC 1975 reconoció al fusible de 601 A como una excepción a la sección 430-52 (requisitos para clasificación o configuración de circuitos individuales para motores). Esta excepción sigue siendo parte del código NEC como la Excepción “d” para este requisito, y establece: “Se permitirá aumentar la clasificación de un fusible de 601-6,000 amperes, pero en ningún caso excederá 300 por ciento de la corriente a carga total”.

El aporte público insistió en la justificación de que “dado que la intención de la Tabla 430-152 y de la Sección 430-52 es fomentar una protección contra cortocircuito más ajustada, parece sensato apoyar la disponibilidad y el uso de fusibles de 601 amperes en combinación con controladores de motores que puedan aceptar fusibles Clase L.

El remitente reconoció que los interruptores automáticos de tiempo inverso no están sujetos a la misma limitación que los fusibles cuando se trata de los medios de montaje del fusible. Por esta razón, no tiene sentido una distinción entre 600 amperes y 601 amperes en interruptores automáticos y, por tanto, agregar 601 A a la lista en todos los OCPD no recibió el respaldo de los miembros del panel del código.

Clasificación de interrupción

Un OCPD debe ser capaz de interrumpir de forma segura la energía destructiva de la corriente de falla. Si una corriente de falla excede la capacidad del OCPD, este podría romperse, causar daños y representar un peligro de seguridad. La clasificación que define la capacidad del OCPD para conservar su integridad cuando reacciona a corrientes de

falla es su clasificación de interrupción. Al aplicar un fusible o interruptor automático, es importante usar uno que pueda interrumpir de manera segura las corrientes de falla potencialmente mayores. Los fusibles con limitación de corriente más modernos tienen una clasificación de interrupción de 200 kA o 300 kA y pueden usarse en casi cualquier sistema sin preocupación de una aplicación incorrecta. El NEC 110.9 requiere que el equipo destinado a interrumpir la corriente a niveles de falla tenga una clasificación de interrupción suficiente para la corriente de falla disponible en el punto de aplicación.

La clasificación de interrupción del fusible no depende de ninguna tensión particular cuando se aplica dentro del rango de su clasificación. Por ejemplo, un fusible LPJ clasificado para $600 V_{CA}$ tiene una clasificación de interrupción de 300 kA, Listado UL para cualquier tensión hasta $600 V_{CA}$. Ya sea para actualización del sistema o para una instalación nueva, un sistema con fusibles puede mantener una clasificación de interrupción suficiente durante toda su vida. No hay necesidad de realizar cálculos de corriente de falla adicionales, ni preocupación de que algún fusible sea aplicado de manera incorrecta debido a una clasificación de interrupción inadecuada. Tampoco es necesario un estudio de cortocircuito cuando se aplican fusibles Low-Peak para coordinación selectiva, de manera que es fácil cumplir los requisitos del NEC 110.9. Además, las clasificaciones de interrupción altas ayudan al equipo a lograr una alta clasificación de corriente de cortocircuito, que podría ser limitada por la clasificación de interrupción baja de los OCPD instalados. Finalmente, los fusibles proporcionan tranquilidad, ya que la clasificación de interrupción es al menos igual o, en muchos casos, mayor que la corriente de falla disponible en las terminales de la línea.

Al aplicar un fusible o un interruptor automático, como se muestra en la Figura 19, el OCPD seleccionado debe ser capaz de interrumpir en forma segura las corrientes de falla disponibles más grandes en sus terminales de línea (NEC, Sección 110.9).

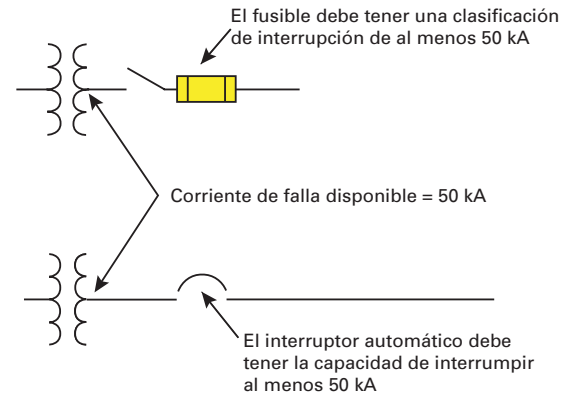


Figura 19. La clasificación de interrupción del fusible o del interruptor automático debe ser mayor que la máxima corriente de falla disponible calculada en las terminales de línea.

Al igual que otras clasificaciones, aplicar un OCPD en un sistema CA o CD es importante porque las clasificaciones de interrupción para corriente alterna (CA) generalmente son diferentes de las clasificaciones de interrupción para corriente directa (CD), siendo más altas las clasificaciones de interrupción para corriente alterna, en general. La diferencia principal entre clasificaciones de interrupción para CA y CD es que la corriente alterna tiene un potencial de tensión cero que sucede 60 veces en un segundo (60 Hz), cuando su onda sinusoidal pasa por el valor de cero. Cuando la tensión es cero, es más fácil lograr la extinción del arco eléctrico. Por otro lado, en CD no hay “tensiones cero”. Así que el arco eléctrico generado nunca experimenta “cero volts” y, como tal, es más difícil de extinguir.

Los productos deben estar clasificados para la aplicación dentro de la cual se usarán. En este sentido, la simplicidad del fusible limita las áreas de aplicación inadecuada, porque la mayoría de los modernos fusibles con limitación de corriente tienen una clasificación de interrupción en CA de 200 kA o 300 kA. Por ejemplo, los fusibles Low-Peak*, Bussmann series, son Listados UL a una IR de 300 kA, a $600 V_{CA}$, permitiéndoles ser aplicados de manera segura en cualquier sistema de 600 V o menos, y continúan proporcionando una clasificación de interrupción de 300 kA.

* No incluye los fusibles LP-CC, Clase CC, los cuales tienen una IR de 200 kA.

La Tabla 3 ilustra las más altas clasificaciones de interrupción, en CA y CD, disponibles para fusibles de baja tensión de circuitos derivados, Bussmann series, por clase de fusible.

Clasificaciones de tensión e interrupción de fusibles Bussmann series

Producto Bussmann series	Clase UL	Clave de catálogo	Amperes	V _{CA}	IR, AC (kA)	V _{CD}	IR, CD (kA)
Low-Peak	CC	LP-CC	Hasta 30	600	200	300 (1/2 a 2-1/2 y 20-30 A) 150 (2-8/10 a 15 A)	20
	CF*	TCF	Hasta 100	600	300	300	100
	J	LPJ	Hasta 600	600	300	300	100
	L	KRP-C	601 a 6,000	600	300	300 (601-200, 300 A)	100
	RK1	LPN-RK	LPS-RK	Hasta 600	250	300	125 (hasta 60 A) 250 (70-600 A)
Hasta 600				600	300	300	100
CUBEFuse de acción rápida	CF*	FCF	Hasta 100	600	300	300	50
Fusetron	RK5	FRN-R	Hasta 600	250	200	125 (1/10 a 60, 110-200 A) 250 (225-600 A)	20
			Hasta 600	600	200	300 (1/10 a 30, 65-600 A) 250 (35-60 A)	20
			Hasta 30	600	200	300 (15-20 A)	20
Limitron	CC	KTK-R	Hasta 30	600	200	—	—
			Hasta 30	600	200	—	—
	J	KJS	Hasta 600	600	200	—	—
			601 a 4,000	600	200	—	—
	L	KTU	601 a 6,000	600	200	—	—
			601 a 6,000	600	200	—	—
	RK1	KTS-R	Hasta 600	250	200	250 (70-350 A)	100
			Hasta 600	600	200	—	—
T	JJS	JJN	Hasta 1,200	300	200	160 (15-600 A) 170 (601-1,200 A)	20 100
		Hasta 800	600	200	—	—	
Propósito general	G	SC	Hasta 60	600 (1/2-20 A)	100	170 (1/2-20 A)	10
				480 (25-60 A)	100	170 (1/2-20 A)	10
				300 (25-60 A)	100	300 (25-60 A)	10
H(K)	NON	250	Hasta 600	50 (hasta 60 A) 10 (65-600 A)	125 (hasta 100 A)	50	
		600	Hasta 600	50 (hasta 60 A) 10 (70-600 A)	—	—	

* Los fusibles Clase CF, Listados UL, tienen desempeño eléctrico de fusibles Clase J.

Tabla 3. Clasificaciones de interrupción de fusibles UL para circuitos derivados, Bussmann series

Ejemplos de clasificación de interrupción

La Figura 20 muestra cuatro diferentes situaciones que implican un OCPD con clasificación de interrupción de 10 kA y diferentes niveles de corriente de falla que deberá interrumpir. Esto ilustra la importancia de conocer acerca de la corriente de falla disponible y la ventaja de aplicar un fusible con clasificación de interrupción de 200 kA, 300 kA o mayor.

En las tres primeras situaciones, las condiciones de la corriente del circuito están dentro de las posibilidades de operación segura del OCPD. Sin embargo, la cuarta situación involucra una aplicación inadecuada del OCPD. Una falla en el lado de carga del dispositivo produjo una corriente de falla de 50 kA, que está muy por encima de la clasificación de interrupción del OCPD. Esto dio como resultado una violenta ruptura y posible daño al equipo o lesiones al personal. Usando fusibles con interrupción nominal alta (clasificados para 200 kA o 300 kA) podría evitarse esta situación potencialmente peligrosa.

Los ejemplos en la siguiente página son de pruebas de corriente de falla. Muestran el poder destructivo de la energía asociada con las corrientes de falla.

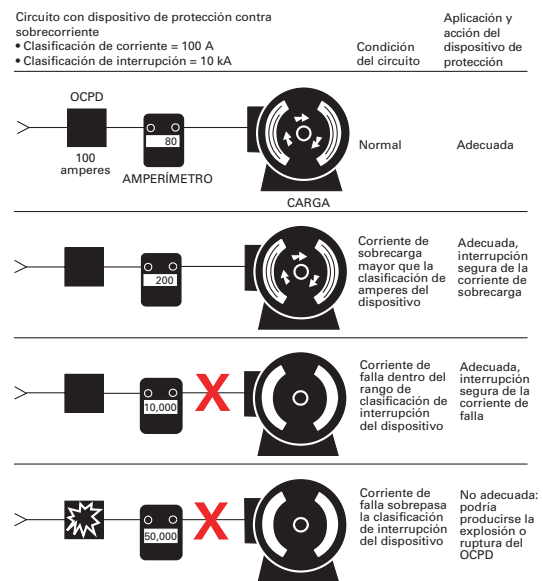


Figura 20. Las clasificaciones de interrupción son importantes en la protección contra cortocircuitos.

Aplicación incorrecta de interruptor automático

La Figura 21 contiene una serie de imágenes que describen la prueba realizada en un interruptor automático a 480 V, con clasificación de interrupción de 14 kA, en un circuito de prueba capaz de suministrar una corriente de falla de 50 kA a 480 V. A continuación se muestran los impresionantes resultados. Este video está disponible a través del código QR que se encuentra debajo de la Figura 21.

Aplicación incorrecta de fusibles de propósito general

La Figura 22 contiene una serie de imágenes que describen el mismo circuito de prueba de la prueba anterior, con un par de fusibles de propósito general para 600 V, con clasificación de interrupción de 10 kA. Observe en esta prueba (así como en la prueba del interruptor automático) la gran fuerza destructiva liberada. Aplicar un OCPD de esta forma representa un grave peligro de seguridad, ya que el metal fundido y en forma de metralla podría golpear a electricistas, personal de mantenimiento o a todo aquel que estuviera cerca. Este video está disponible a través del código QR que se encuentra debajo de la Figura 22.

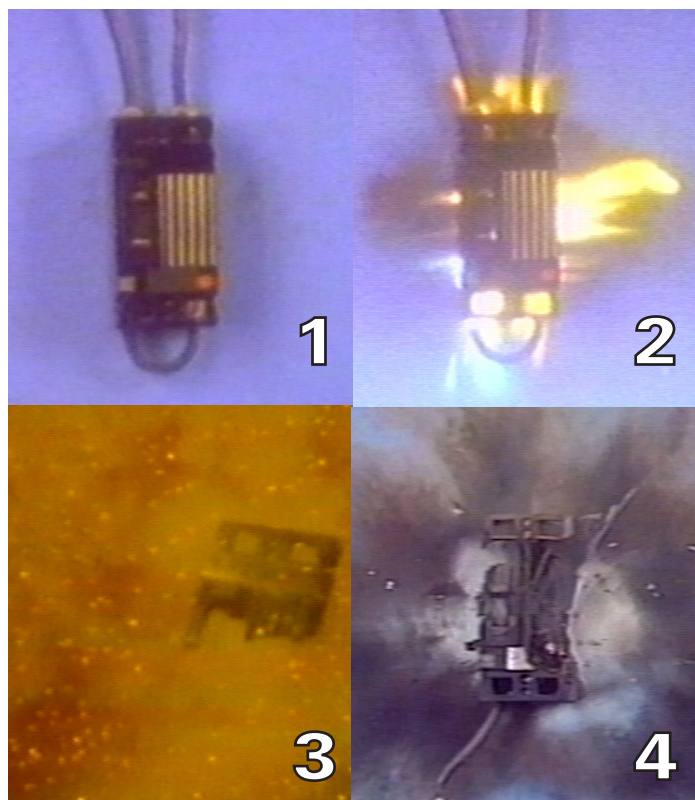


Figura 21. Grave aplicación incorrecta de un interruptor automático, que sobrepasa su clasificación de interrupción..

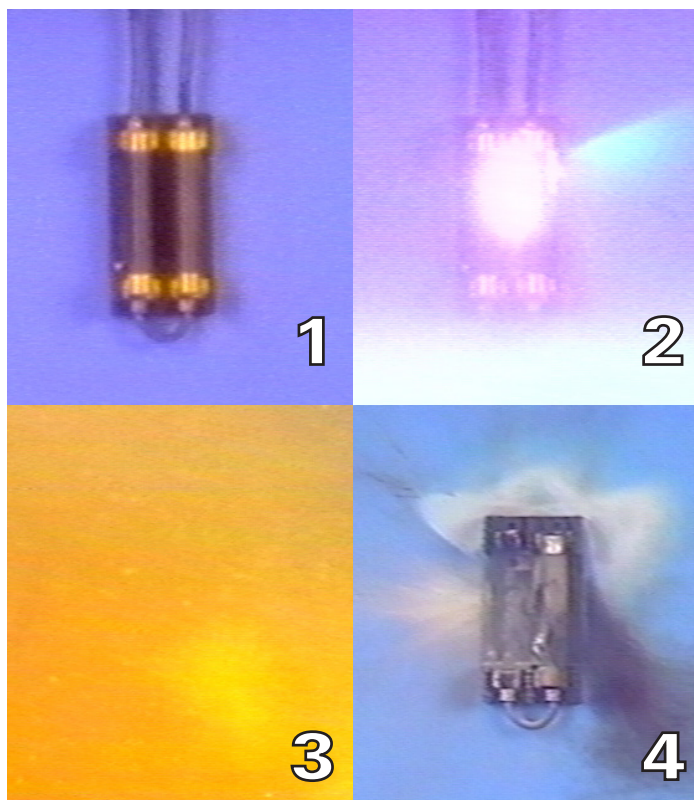


Figura 22. Grave aplicación incorrecta de un fusible, que sobrepasa su clasificación de interrupción.



Aplicación adecuada de Fusibles Low-Peak

La Figura 23 contiene una serie de imágenes que describen el mismo circuito de prueba que el de las dos pruebas anteriores (corriente de falla disponible de 50 kA a 480 V), pero en esta ocasión la prueba se realizó con los modernos fusibles Low-Peak con limitación de corriente y clasificación de interrupción de 300 kA. Observe que la falla fue contenida y despejada sin violencia. Este video está disponible a través del código QR que se encuentra en la Figura 23.

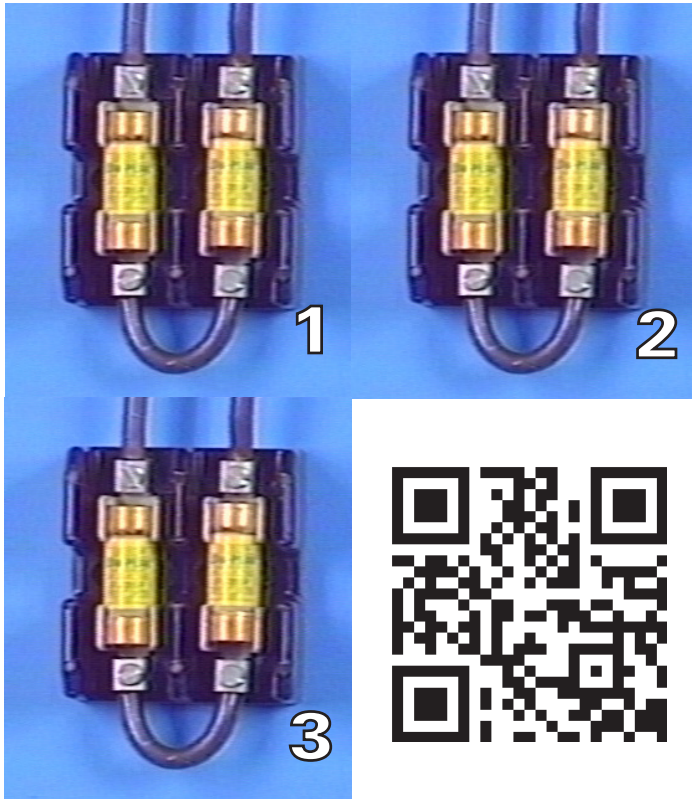


Figura 23. Fusible aplicado dentro del rango de su clasificación de interrupción.

Como se muestra en la Figura 24 (pág. 17), es necesario determinar las corrientes de falla disponibles en cada OCPD. Las corrientes de falla en un sistema eléctrico pueden calcularse fácilmente si se cuenta con suficiente información. La ventaja de altas clasificaciones de interrupción (200 kA o 300 kA) de los fusibles es que pueden usarse para eliminar la necesidad del cálculo de las corrientes de falla. Las clasificaciones de interrupción de 200 kA y 300 kA sobrepasan las corrientes de falla disponibles de prácticamente todos los sistemas de distribución de energía.

Condiciones de prueba para un fusible con clasificación de interrupción de 300 kA

El código NEC define clasificación de interrupción como la corriente más alta, a voltaje nominal, que un dispositivo de protección contra sobrecorriente puede interrumpir de manera segura bajo condiciones de prueba estándar. La frase "condiciones de prueba estándar" toma en cuenta la importancia de entender cómo se prueba el dispositivo de protección contra sobrecorriente con el fin de asegurar su aplicación correcta.

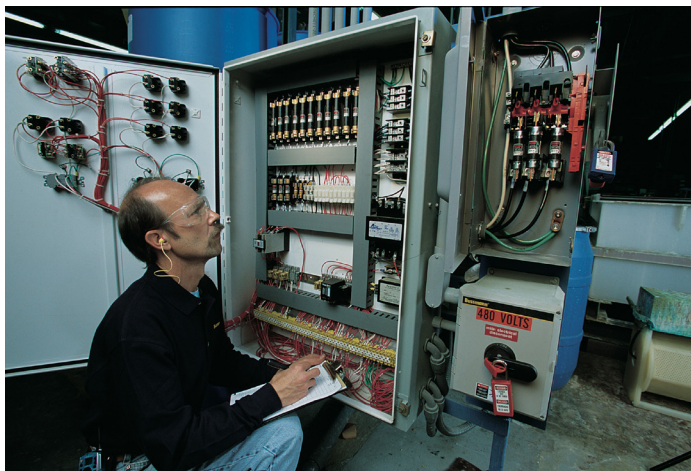
La norma UL 248 determina la configuración de la prueba del fusible de circuito derivado para establecer los requisitos de funcionamiento necesarios para clasificaciones de interrupción. El procedimiento para lograr una clasificación de interrupción de 300 kA Listada UL es el siguiente:

- Para confirmar que la capacidad de interrupción no es menor que la clasificación de interrupción, el circuito de prueba se establece sin ninguna longitud adicional de conductor en la configuración del circuito de prueba. El fusible es eficiente para interrumpir corrientes de falla muy altas y no requiere ayuda de impedancias adicionales en la configuración.
- El circuito de prueba se calibra para tener una corriente de falla de al menos 300 kA al voltaje nominal del fusible. Durante la calibración, se usa una barra conductora en lugar del fusible para verificar el nivel de la corriente de falla de 300 kA.
- Después, la barra conductora se reemplaza por un fusible y la prueba se lleva a cabo. Si el fusible pasa la prueba, puede marcarse con una clasificación de interrupción de 300 kA.

Este procedimiento de prueba asegura que el fusible tenga una clasificación de interrupción igual a, o mayor que, la corriente de falla disponible en sus terminales de línea, tanto para fallas atornilladas trifásicas como para una o más fallas línea a tierra. Según la norma UL/CSA/ANCE 248 para fusibles, los fusibles se prueban y evalúan como dispositivos de un polo. Aunque la mayoría de los sistemas eléctricos están diseñados con OCPD que tienen clasificaciones de interrupción trifásicas adecuadas, las clasificaciones de interrupción de polo único/individual fácilmente se pasan por alto. Ya que la clasificación de interrupción del fusible es integral, no hay necesidad de preocuparse por las capacidades de interrupción de un solo polo.

Fusibles Low-Peak con IR de 300 kA

Los fusibles Low-Peak (excepto fusibles Clase CC), Bussmann series, son los únicos fusibles probados y Listados UL para IR de 300 kA. Esta alta clasificación de interrupción es capaz de interrumpir, de manera segura, prácticamente cualquier corriente de falla disponible encontrada en un sistema de 600 V o menos. La IR de 300 kA garantiza que cuando se instala un fusible Low-Peak dimensionado adecuadamente, el sistema está protegido contra los peores casos de sobrecorriente.



Niveles de corriente de cortocircuito del sistema eléctrico y la protección adecuada

Contar con información acerca de los niveles de corriente de falla disponible en todo el sistema eléctrico ayuda a determinar la clasificación de interrupción necesaria de cada OCPD. La Figura 24 es un diagrama unifilar que muestra los niveles de corriente de falla disponible de diferentes puntos de un sistema eléctrico.

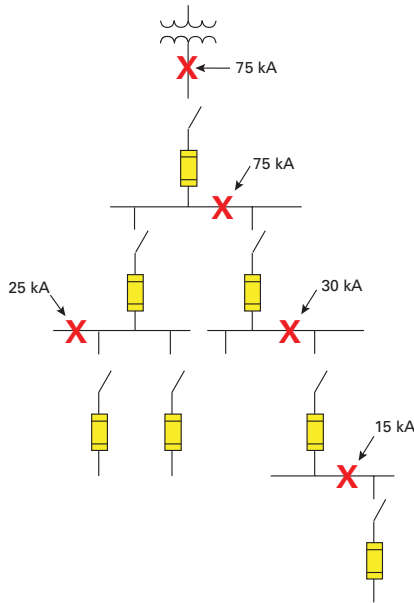


Figura 24. Es necesario determinar la corriente de falla en cada OCPD para asegurar la aplicación adecuada del dispositivo.

Los fusibles pueden aplicarse en circuitos monofásicos o trifásicos sin tener que preocuparse por las capacidades de interrupción de un solo polo. No hay necesidad de realizar cálculos especiales debido al sistema de conexión a tierra utilizado. Todos los fusibles Low-Peak LPJ, KRP-C, LPS-RK y LPN-RK tienen clasificaciones de interrupción de un solo polo, 300 kA, Listados UL.

Esta es una solución sencilla para asegurar clasificaciones de interrupción adecuadas para los sistemas actuales y futuros, independientemente del sistema de conexión a tierra.

La Figura 25 ilustra el sistema de conexión a tierra, de alta impedancia, fundible, que permite revisar el funcionamiento del fusible durante condiciones de falla.

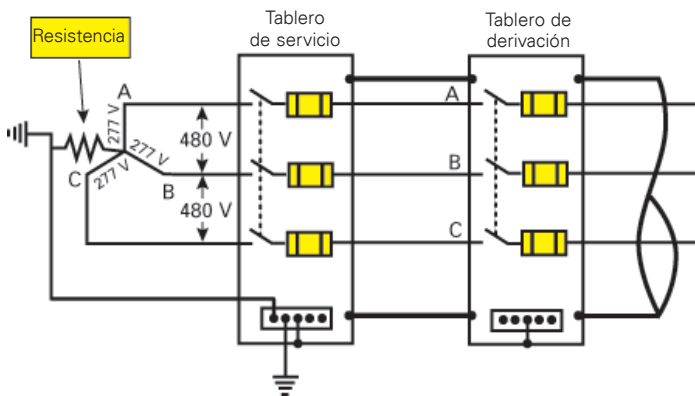


Figura 25. Sistema de conexión a tierra, de alta impedancia, fundible

La Figura 26 ilustra lo que ocurre durante la primera falla del sistema, que está limitada por la impedancia de la resistencia de conexión a tierra y mantiene la corriente de falla a tierra en el rango de tan solo 5 amperes. Como se diseñó y se esperaba, el fusible no se abre.

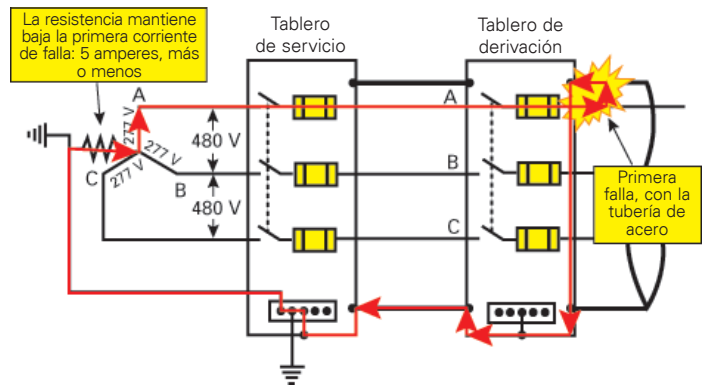


Figura 26. La impedancia de la resistencia de conexión a tierra mantiene baja la corriente de falla de tierra.

La Figura 27 ilustra el sistema si se presentara una segunda falla antes de atender la primera. La falla es básicamente línea a línea con la impedancia de conductores y la ruta a tierra; el fusible debe interrumpir esta segunda falla. Ya que la clasificación de interrupción del fusible es la misma que su capacidad de interrupción de un solo polo, los fusibles con clasificación de interrupción de 200 kA o 300 kA pueden aplicarse, sin mayor análisis, para capacidades de interrupción de un solo polo.

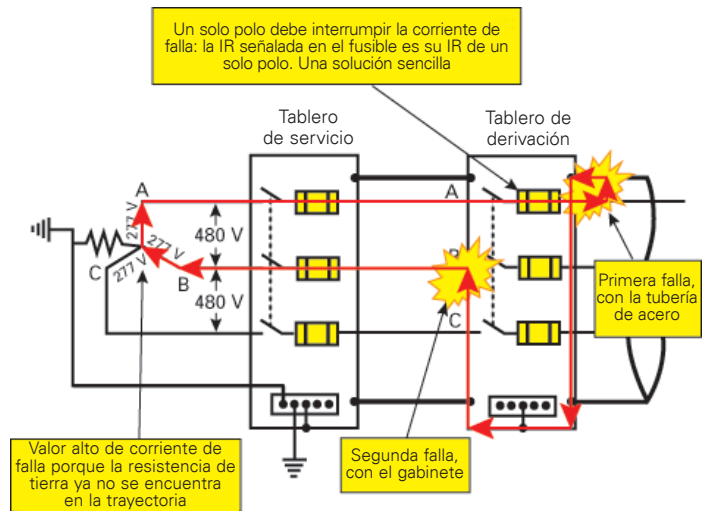
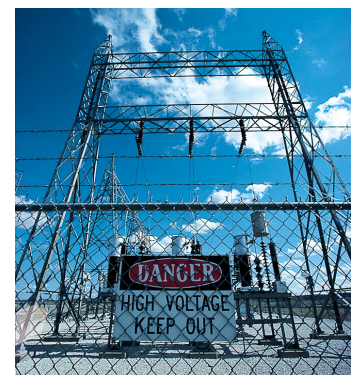


Figura 27. La falla es esencialmente línea a línea con la impedancia de la ruta de conexión a tierra y los conductores.

Como los niveles de corriente de falla se incrementan con el crecimiento continuo en la generación de energía eléctrica, también se requieren OCPD con clasificaciones de interrupción más altas.

Las empresas de servicios públicos desean obtener mayor eficiencia, energía más barata y mejor regulación de tensión al instalar transformadores con mayor capacidad de kVA, que producen más altas corrientes de falla disponibles. Para afrontar este reto, los OCPD que solo interrumpen niveles moderados de corriente de falla se están reemplazando por fusibles capaces de interrumpir corrientes de falla de hasta 300 kA.



Las empresas de servicios públicos están incrementando la corriente de falla disponible al instalar transformadores de impedancia más baja y mayor capacidad de kVA.

Características de funcionamiento

Limitación de corriente

La limitación de corriente está en función de la rapidez con que pueda reaccionar el fusible a una falla y despejarla antes que la corriente de falla pueda escalar a niveles destructivos.

El código NEC, Sección 240.2, define “dispositivo con limitación de corriente” de la siguiente manera:

“Dispositivo de protección contra sobrecorriente con limitación de corriente: Dispositivo que, cuando interrumpe corrientes en su rango de limitación de corriente, reduce la corriente que fluye en el circuito con falla a una magnitud mucho menor a la disponible en el mismo circuito si el dispositivo fuera reemplazado por un conductor sólido de impedancia similar.”

Los fusibles que limitan la corriente de paso libre a los componentes aguas abajo proporcionan protección contra fuerzas magnéticas y térmicas, al mismo tiempo que ofrecen numerosos beneficios.

- Los fusibles con limitación de corriente mejoran la seguridad del sitio de trabajo al reducir la energía incidente al personal expuesto a condiciones de falla. Los peligros de arco eléctrico pueden reducirse en gran medida cuando se comparan al usar un OCPD sin limitación de corriente, especialmente a 600 amperes y menos.
- Los fusibles pueden proteger a componentes y equipos contra fuerzas térmicas y magnéticas extremas al despejar la corriente de falla en 1/2 o 1/4 ciclo. Conductores, ductos de la barra de alimentación, arrancadores de motores, interruptores y otros dispositivos pueden estar protegidos correctamente con fusibles con limitación de corriente. Además, los fusibles, cuando son dimensionados adecuadamente, ayudan a cumplir el NEC 110.10 al proteger equipos y componentes contra daños considerables.
- La limitación de corriente del fusible ayuda a los equipos a lograr altas SCCR. Los componentes de circuitos derivados dentro de máquinas y tableros de control industriales, tableros de control HVAC y otros equipos Listados UL 58A pueden protegerse con fusibles con limitación de corriente en el circuito alimentador. El bajo pico pasante puede ayudar a incrementar la clasificación de corriente de cortocircuito del equipo, incluso con dispositivos de menor clasificación en el circuito derivado. La clasificación de interrupción del dispositivo es suficiente siempre que la corriente pico de paso libre sea menor que la SCCR de los componentes del circuito derivado y la protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

- La limitación de corriente es parte clave de la coordinación selectiva. Los fusibles con limitación de corriente ahorran tiempo y dinero al ingeniero o diseñador, al reducir la necesidad de un estudio de coordinación selectiva. Siempre que se mantenga una mínima relación de amperes entre los fusibles aguas arriba y aguas abajo (2:1 para fusibles Low-Peak, Bussmann series), se logra la coordinación selectiva y se evitan pérdidas innecesarias de energía en los circuitos aguas arriba, para corrientes de falla de hasta la clasificación de corriente del fusible (véase la tabla “Relaciones de selectividad de fusibles Bussmann series”, en la página 26).

La Figura 28 muestra las mínimas relaciones de clasificación de amperes de fusibles Low-Peak requeridas para “coordinación selectiva” (discriminación) entre fusibles aguas arriba y fusibles aguas abajo.

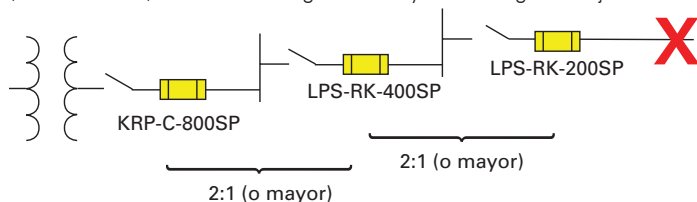


Figura 28. Los fusibles Low-Peak solo necesitan una relación de 2:1, en amperes, para coordinación selectiva.

La coordinación selectiva se logra fácilmente con fusibles de diseño moderno. Manteniendo una mínima relación de clasificación de amperes entre un fusible aguas arriba y otro aguas abajo, se logra la coordinación selectiva. En la página 26 se encuentran las mínimas relaciones de selectividad para fusibles Bussmann series.

En la actualidad, la mayoría de los sistemas de distribución eléctrica pueden entregar corrientes de falla muy altas, que en ocasiones superan 200 kA. Muchos componentes del circuito tienen capacidad relativamente baja para soportar corrientes de cortocircuito (algunos miles de amperes).

Si los componentes no son capaces de soportar estas altas corrientes de falla, podrían dañarse o destruirse fácilmente. La capacidad de limitación de corriente del fusible permite especificar componentes con baja SCCR, no obstante sus altas corrientes de falla disponibles.

Proteger los componentes del sistema eléctrico contra corrientes de falla es fundamental al seleccionar los OCPD. El ingeniero o especificador deberá considerar las SCCR de los componentes del circuito eléctrico, como cables, barras alimentadoras y arrancadores de motores, y si la protección adecuada del circuito mejorará la confiabilidad y reducirá la probabilidad de lesiones. Los sistemas eléctricos podrían ser dañados gravemente si los OCPD no limitan la corriente de falla al ámbito de las SCCR de los componentes del sistema; el hecho de adecuar la clasificación de amperes del componente con la clasificación de amperes del dispositivo de protección no asegura la protección del componente bajo condiciones de falla.

La limitación de corriente se ilustra en las figuras 29 y 30. La Figura 29 muestra la corriente de cortocircuito prevista cuando no está protegida por un OCPD con limitación de corriente. Un OCPD sin limitación de corriente permite que la corriente de falla escale a su valor total y deja pasar una enorme cantidad de corriente destructiva, calor y energía magnética antes de abrirse. Algunos OCPD permiten el flujo de corrientes de cortocircuito por más de 1 ciclo.

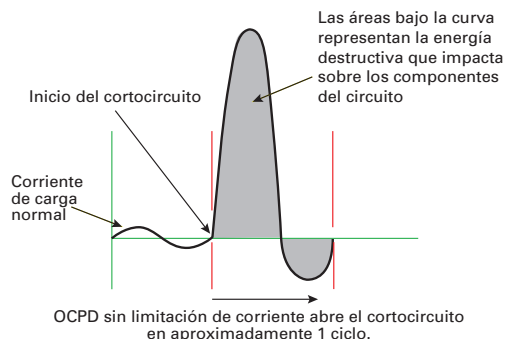


Figura 29. La corriente de falla puede elevarse considerablemente en el primer ciclo.

En el primer medio ciclo de la corriente de falla, representado por la forma de onda en la Figura 29, un OCPD sin limitación de corriente podría dejar pasar aproximadamente 100 veces la energía destructiva que dejaría pasar un fusible con limitación de corriente ($(100 \text{ kA} / 10 \text{ kA})^2 = 100$).

El área sombreada bajo la curva representa la energía disipada en el circuito, con las fuerzas magnéticas y la energía térmica directamente proporcionales al cuadrado de la corriente, por lo que es importante limitar la corriente de cortocircuito a un valor tan bajo como sea posible. Las fuerzas magnéticas máximas son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente “pico” y la energía térmica es directamente proporcional al cuadrado del valor RMS de la corriente.

La Figura 30 muestra la forma de onda del mismo circuito cuando el fusible opera dentro de su rango de limitación de corriente. Un fusible con limitación de corriente tiene una velocidad de respuesta tan rápida que corta la corriente mucho antes que pueda escalar a su valor total pico.

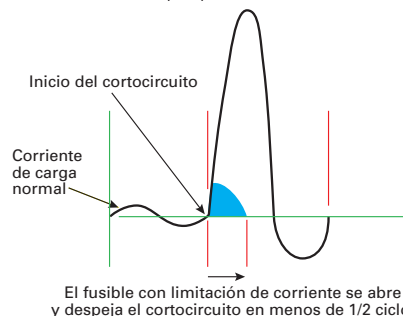


Figura 30. Interrumpir la corriente de falla en el primer 1/4 ciclo reduce enormemente su magnitud.

El fusible con limitación de corriente de la Figura 30 se abre y despeja la falla en el primer 1/2 ciclo y limita la energía de paso libre a una fracción de la corriente de cortocircuito disponible del sistema.

Este comportamiento es un aspecto importante en la selección de OCPD. La mayoría de los fusibles tienen limitación de corriente y reducen de manera significativa la duración y el pico destructivo de una corriente de falla para proteger el equipo aguas abajo, y pueden reducir la necesidad de reforzamiento para la estructura de la barra alimentadora y disminuir al mínimo la necesidad de componentes que tengan altos SCCR (clasificaciones de reforzamiento).

Los fusibles con limitación de corriente reducen las fuerzas magnéticas en los equipos aguas abajo durante las fallas que, si no se limitan, pueden alcanzar niveles de 30 kA o más altos (incluso por encima de 200 kA) en el primer 1/2 ciclo (0.008 segundos, a 60 Hz). El enorme calor producido en los componentes del circuito puede causar daños al aislamiento del cable o provocar explosiones violentas de los componentes. Al mismo tiempo, las grandes fuerzas magnéticas desarrolladas entre los conductores pueden agrietar sus aislantes y deformar o destruir las estructuras de soporte, donde la máxima fuerza mecánica ejercida es directamente proporcional al cuadrado de la corriente instantánea pico (I_p). Por tanto, es importante que el OCPD limite las corrientes de falla antes que alcancen todo su potencial.

Prueba de latiguo del cable

La prueba de latiguo del cable es una demostración de limitación de corriente, que ilustra visualmente la diferencia entre un OCPD con limitación de corriente y un OCPD sin limitación de corriente. Las siguientes pruebas

(A y B) se realizaron con los mismos parámetros/configuración:

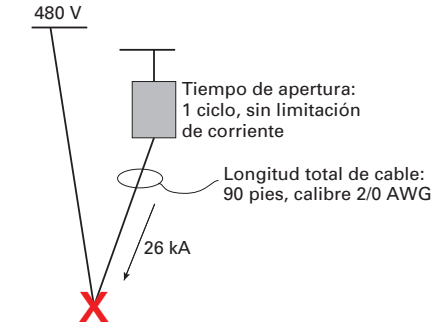
- Tensión de prueba: 480 volts
- Conductor: 90 pies de cable calibre 2/0 AWG colocado sobre el piso del laboratorio de prueba
- Corriente de cortocircuito durante la prueba de calibración: asimétrica con un componente simétrico, RMS, de aproximadamente 26 kA

La Prueba A se realizó sin limitación de corriente y la Prueba B, utilizando un fusible con limitación de corriente de 200 A.

Los videos de las pruebas están disponibles a través de los códigos QR. La Figura 31 es una fotografía de la configuración de la prueba, la cual se realizó con un OCPD sin limitación de corriente aguas arriba. La Figura 32 ilustra cómo se realizó la Prueba A, con la corriente pico resultante que fluyó durante 1 ciclo.



Figura 31. Prueba A: Tiempo de interrupción de 1 ciclo. OCPD sin limitación de corriente



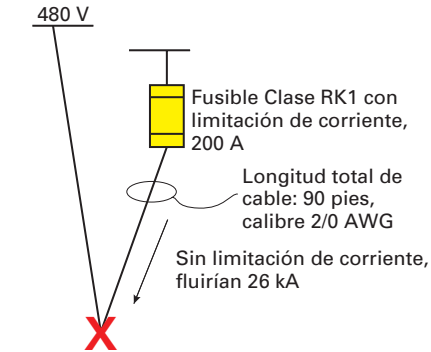
Resultados de la prueba:

- I_p de paso libre = 48,100 A
- Tiempo de interrupción = 0.0167 s



Figura 32. Prueba A, con un OCPD sin limitación de corriente

En la Figura 33 se encuentran los resultados de la Prueba B y el código QR del video. La Prueba B se realizó con un dispositivo con limitación de corriente aguas arriba. Los resultados fueron radicalmente diferentes a los de la Prueba A.



Resultados de la prueba:

- I_p de paso libre = 10,200 A
- Tiempo de interrupción = 0.004 s



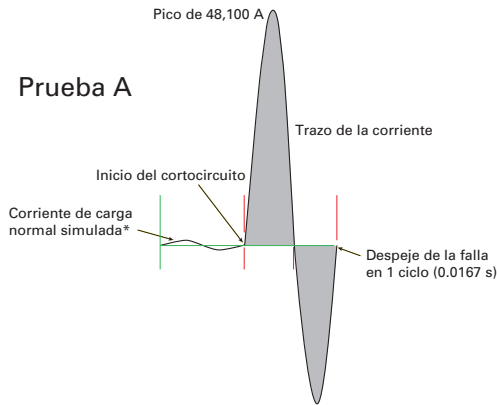
Figura 33. Prueba B, con un OCPD con limitación de corriente, 200 A

La revisión de los resultados del latiguo del cable en las pruebas A y B muestran una reducción significativa en la corriente de interrupción del fusible con limitación de corriente, 200 A, frente al OCPD sin limitación de corriente de 1 ciclo. Ya que la fuerza mecánica ejercida sobre el equipo eléctrico es directamente proporcional al cuadrado de la corriente instantánea pico (I_p) de interrupción, el fusible con limitación de corriente redujo la máxima fuerza mecánica pasante más de 95%, como se muestra a continuación:

$$(10,200/48,100)^2 \approx 1/22$$

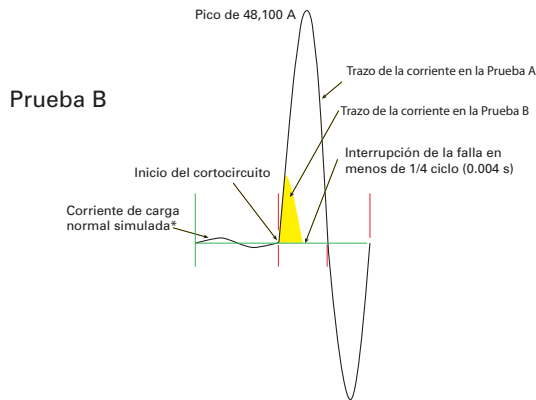
Formas de onda de las corrientes de cortocircuito de las pruebas A y B

Las formas de onda correspondientes a las pruebas A y B se ilustran en las figuras 34 y 35.



* No fluyó corriente de carga normal antes del cortocircuito.
Figura 34. Forma de onda de la corriente de falla en la Prueba A

La Figura 34 ilustra la gráfica de la corriente de la Prueba A, que muestra un flujo de corriente normal hasta que ocurre la falla y después la corriente de falla que fluye durante 1 ciclo, alcanzando una corriente pico de paso libre de 48,100 A.



* No fluyó corriente de carga normal antes del cortocircuito.

Figura 35. Forma de onda de la corriente de falla en la Prueba B

La Figura 35 ilustra la gráfica de la corriente de la Prueba B, que muestra la corriente normal hasta que la falla ocurre y después la corriente despejada en menos de 1/4 ciclo por el fusible con limitación de corriente, Low-Peak, LPS-RK-200SP, Bussmann series, que limitó la corriente instantánea pico a solo 10.2 kA.

Por simplicidad, esta sección no proporciona el parámetro de medición para evaluar la energía térmica pasante de estas pruebas. Sin embargo, los instrumentos de registro documentaron que la corriente pasante de la Prueba B fue tan solo 1/123 de la corriente pasante de la Prueba A.

Cómo usar las tablas de limitación de corriente

Análisis de las gráficas de la corriente de paso libre de un fusible con limitación de corriente

El nivel de limitación de corriente de un fusible de capacidad y tipo dados depende, en general, de la corriente de falla disponible que pueda entregar el sistema eléctrico. La mejor forma de describir la limitación de corriente de fusibles es por medio de una curva de paso libre (véase Figura 36) que, cuando se aplica desde un punto de vista práctico, es útil para determinar las corrientes de paso libre cuando se abre el fusible.

Las curvas de paso libre del fusible están trazadas a partir de datos reales de las pruebas. El circuito de prueba que establece la línea A—B corresponde a un factor de potencia de cortocircuito de 15%, asociado a una relación X/R de 6.6. Las curvas del fusible representan el valor de corte de la corriente de falla disponible esperada bajo las condiciones dadas del circuito. Cada tipo o clase de fusible tiene su propia familia de curvas de paso libre.

La información de la corriente de paso libre se generó a partir de pruebas de cortocircuito reales de fusibles con limitación de corriente. Es importante entender cómo se generan las curvas y qué parámetros del circuito afectan los datos de las curvas de paso libre. Normalmente, hay tres parámetros del circuito que pueden afectar el desempeño del fusible para una corriente de falla disponible dada:

1. Factor de potencia de cortocircuito
2. Ángulo de cierre de cortocircuito
3. Tensión aplicada

Las curvas de paso libre de un fusible con limitación de corriente se generan bajo las condiciones menos favorables, con base en estos tres parámetros. La ventaja para el usuario es una corriente de paso libre resultante conservadora (tanto I_p como I_{RMS}). En condiciones de campo reales, cambiar alguno o la combinación de ellos da como resultado corrientes de paso libre más bajas. De esta manera, se obtiene un mayor nivel de confiabilidad al aplicar fusibles para protección del equipo.



Análisis del fusible con limitación de corriente

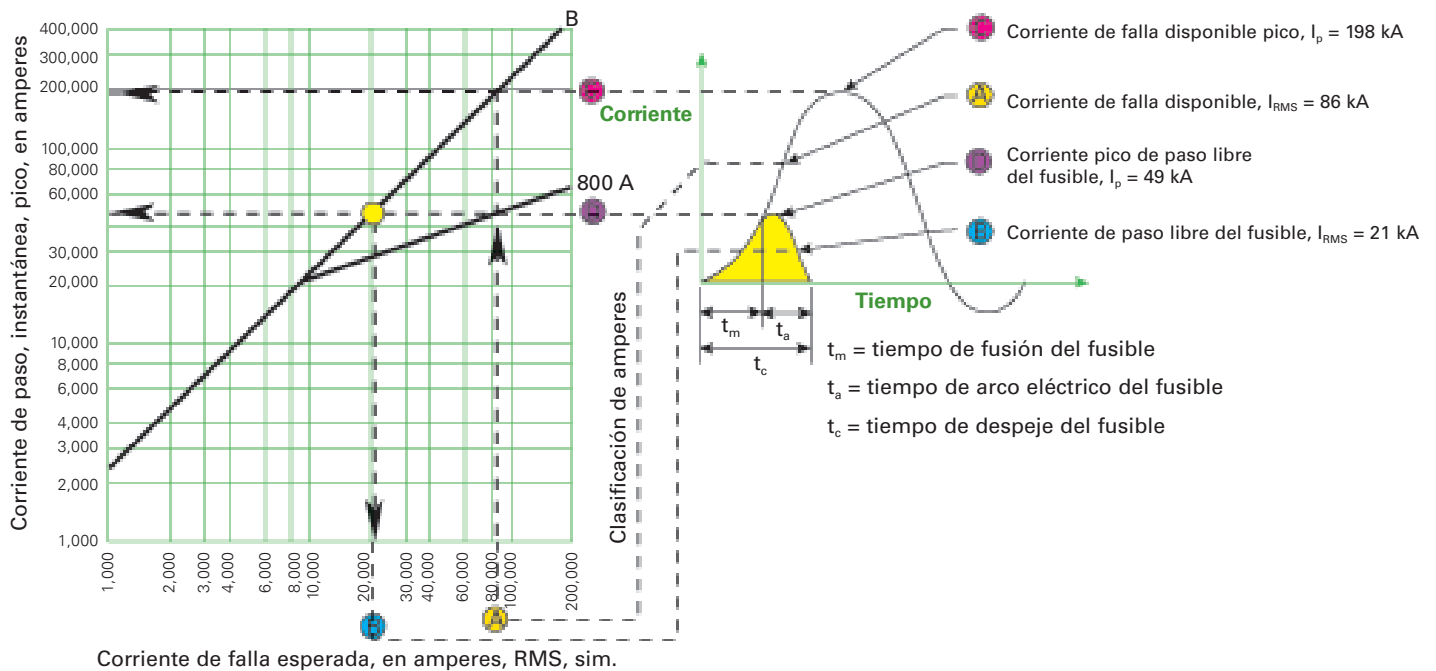


Figura 36. Curva de paso libre para fusible con limitación de corriente y retardo de tiempo, Clase L, Low-Peak, 800 A, KRP-C-800SP

Antes de usar las curvas de paso libre del fusible, debe determinarse la información de paso libre pertinente al SCCR del equipo (clasificaciones de aguante).

El SCCR del equipo puede describirse como “cuánta corriente de falla puede manejar el equipo y durante cuánto tiempo”. Con base en los estándares actuales, la información más importante que puede obtenerse de las curvas de paso libre del fusible y sus efectos físicos es la siguiente:

- A. Corriente pico de paso libre (fuerzas mecánicas)
- B. Corriente de paso libre esperada, aparente, RMS, sim. (efecto térmico)
- C. Tiempo de despeje: menos de 1/2 ciclo, cuando el fusible se encuentra en su rango de limitación de corriente (por encima del punto donde la curva del fusible interseca a la línea A—B).

El típico ejemplo de la Figura 37 muestra la corriente de falla disponible en un circuito de 800 A y un fusible con limitación de corriente y retardo de tiempo, Low-Peak, 800 A.

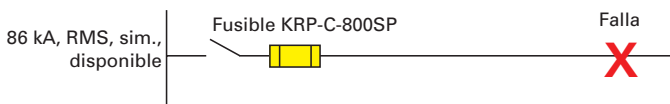


Figura 37. Fusible con limitación de corriente y retardo de tiempo, Low-Peak, 800 A, y la información de paso libre correspondiente

Cómo usar las curvas de paso libre

Mediante el ejemplo dado, puede determinarse la información de paso libre correspondiente al fusible Low-Peak, KRP-C-800SP. La Figura 36 ilustra la curva de paso libre perteneciente al fusible Low-Peak, 800 A.

A. Determinar la corriente pico de paso libre

- Paso 1. En el eje Corriente de falla esperada, marque el valor de 86 kA. A partir de ese punto, trace una línea vertical hasta intersecarse con la curva del fusible de 800 A.
- Paso 2. A partir de esa intersección, trace una línea horizontal hacia el eje Corriente instantánea pico de paso libre.
- Paso 3. Lea la corriente de paso libre, instantánea, pico como 49 kA (la corriente de paso, pico, RMS, sim., podría haber sido de 198 kA si no se hubiese usado el fusible).

B. Determinar la corriente de paso libre, esperada, aparente, RMS, sim.

- Paso 1. En el eje Corriente de falla esperada marque el valor de 86 kA. A partir de ese punto trace una línea vertical hasta intersecarse con la curva del fusible de 800 A.
- Paso 2. A partir de esa intersección, trace una línea horizontal hacia el eje Corriente de paso libre, instantánea, pico, pero solo hasta intersecarse con la línea A—B.
- Paso 3. A partir de esta última intersección, trace una línea vertical hacia el eje Corriente de falla esperada.
- Paso 4. Lea la corriente de falla esperada como 21 kA, RMS, sim. (la corriente de paso libre, RMS, sim., podría haber sido de 86 kA si no hubiese fusibles en el circuito).

El papel de los OCPD en la seguridad eléctrica

La elección y desempeño de los OCPD juegan un papel importante en la seguridad eléctrica. Pruebas exhaustivas y análisis realizados por la industria muestran que la energía liberada durante una falla de arco eléctrico está relacionada con dos características principales de los OCPD:

1. El tiempo que requiere el OCPD para interrumpir.
2. La cantidad de corriente de falla que deja pasar el OCPD.

Por ejemplo, mientras más rápido despeje la falla el OCPD, menor es la energía liberada. Si el OCPD también puede limitar la corriente, mediante la reducción de la magnitud de la corriente que fluye a través del arco, menor es la energía liberada. Mientras más baja es la energía liberada, mayor es la seguridad del trabajador y la protección del equipo.

Método sencillo para el análisis de riesgo de arco eléctrico

El siguiente es un ejemplo para identificar el riesgo de arco eléctrico según la secciones 130.5(E) para el límite del arco eléctrico (AFB) y 130.5(G), empleando el método de análisis de energía incidente.

Puede ser necesaria diversa información acerca del sistema para llevar a cabo este análisis, pero dos valores son absolutamente necesarios:

1. La corriente de falla máxima, trifásica, disponible
2. La clasificación de tipo/amperes del fusible.

Observe el diagrama unifilar en la Figura 38 y después siga los ejemplos, que incluyen los pasos necesarios para realizar un análisis de riesgo de arco eléctrico.

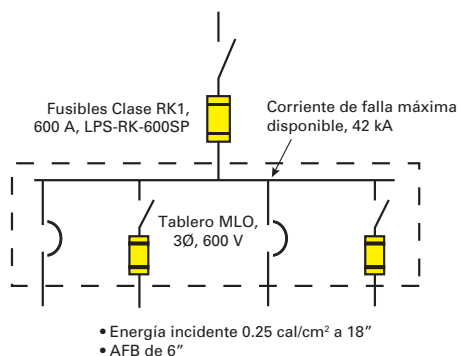


Figura 38. Diagrama unifilar usado en el análisis de riesgo de arco eléctrico.

La siguiente información emplea fórmulas simplificadas para fusibles, basadas en la IEEE 1584-2002, Guía para el análisis de riesgo de arco eléctrico, incluidas en el anexo D.4.6 del NFPA 70E, 2018, que muestran los pasos necesarios para realizar un análisis de riesgo de arco eléctrico cuando se usan fusibles Low-Peak y la Tabla 4, Energía incidente de arco eléctrico.

1. Determinar la corriente de falla máxima disponible en las terminales del lado de línea del equipo en donde se va a trabajar.
2. Identificar la clasificación de amperes del fusible Low-Peak aguas arriba que protege al tablero donde se realizará el trabajo.
3. Consultar la Tabla 4 para determinar el nivel de exposición a la energía incidente (I.E.).
4. Determinar el AFB que requerirá equipo de protección personal (EPP), con base en la energía incidente. Esto se simplifica si se usa la información de la columna AFB de la Tabla 4.
5. Identificar los requisitos mínimos de EPP cuando el trabajo se realizará dentro del AFB, consultando los requisitos que se encuentran en la Tabla 130.5(G) del código NFPA 70E.

Ejemplo 1. Análisis de riesgo de arco eléctrico usando fusibles con limitación de corriente, Bussmann series (las notas a las que se hace referencia se encuentran en la página 24).

El siguiente es un método sencillo cuando se usan ciertos fusibles Bussmann series; se basa en información real de pruebas de arco eléctrico (y las fórmulas simplificadas del Anexo D.4.6 del NFPA 70E y del IEEE 1584, 2002) con fusibles con limitación de corriente, Bussmann series. Al usar este sencillo método, lo primero que debe hacerse es determinar el nivel de exposición a la energía incidente. Hemos simplificado este proceso al usar fusibles Low-Peak LPS-RK, LPJ, TCF, LP-CC o KRP_C, o fusibles Limitron JJN o JJS y fusibles FCF. En algunos casos los resultados son conservadores; véase Nota 6.

En este ejemplo, el OCPD del lado de línea en la Figura 38 es un fusible con limitación de corriente, Low-Peak, LPS-RK-600SP. Simplemente localice en la columna vertical de la Tabla 4 la corriente de falla, máxima, trifásica, disponible, en el tablero, en este caso, 42 kA. A partir de allí avance hacia la derecha hasta la columna de fusibles de 401-600 A e identifique la energía incidente (E.I.) y el AFB.

Con 42 kA de corriente de falla máxima, trifásica, disponible, la tabla muestra que cuando se depende de un fusible Low-Peak LPS-RK-600SP para interrumpir una falla por arco eléctrico, la energía incidente es 0.25 cal/cm². Observe que las variables son la corriente de falla máxima, trifásica, disponible, y la clasificación de amperes del fusible con limitación de corriente Low-Peak. Véanse notas 7 y 8.

El siguiente paso en este simplificado procedimiento de análisis de riesgo de arco eléctrico es determinar el AFB. Con una energía incidente de 0.25 cal/cm² y usando la misma tabla, el AFB es de 6 pulgadas, aproximadamente, el cual se encuentra a la derecha del valor de energía incidente encontrado previamente. Véase Nota 6. Esta distancia AFB significa que en todo momento el trabajo se realizará dentro de esta distancia, incluyendo las pruebas de tensión para verificar que el tablero está desenergizado; el trabajador deberá estar equipado con el EPP adecuado.

El último paso en el análisis de riesgo de arco eléctrico es determinar el EPP adecuado para la tarea. Para seleccionar el EPP adecuado, utilice los valores de exposición a la energía incidente y los requisitos del NFPA 70E. La Tabla 130.5(G) del NFPA 70E contiene los requisitos de EPP basados en el nivel de exposición a la energía incidente. El Anexo H del NFPA 70E es un recurso para orientación en la selección del EPP, de manera específica las tablas H.2 y H.3.

Al seleccionar el EPP para una aplicación o tarea específica, recuerde que los requisitos del NFPA 70E son los requisitos mínimos. El EPP adicional, más del requerido, ayudaría también a reducir al mínimo los efectos de un incidente de arco eléctrico. Otro punto a tomar en cuenta es que, en la actualidad, el EPP disponible en el mercado no protege a la persona de presión, expulsión del metal fundido y gases tóxicos, que pueden resultar del estallido de un arco eléctrico, y que son referidos como "traumas físicos" en la NFPA 70E. El EPP actual únicamente está probado para reducir al mínimo la posibilidad de quemaduras por arco eléctrico. Véanse notas 1 v 2.



Niveles de energía incidente de arco eléctrico basados en fusibles Low-Peak, LPS-RK, 1-600 A, y fusibles Low-Peak, KRP-C, 601-2,000 A

Valores de energía incidente (I.E.) expresados en cal/cm²; valores del límite de arco eléctrico (AFB) en pulgadas

Corriente atornillada de falla trifásica (kA)	1-100 A		101-200 A		201-400 A		401-600 A		601-800 A		801-1,200 A		1,201-1,600 A		1,601-2,000 A	
	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB	I.E.	AFB
1	2.39	29	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
2	0.25	6	5.20	49	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
3	0.25	6	0.93	15	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
4	0.25	6	0.25	6	20.60	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
5	0.25	6	0.25	6	1.54	21	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
6	0.25	6	0.25	6	0.75	13	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
8	0.25	6	0.25	6	0.69	12	36.85	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
10	0.25	6	0.25	6	0.63	12	12.82	90	75.44	>120	>100	>120	>100	>120	>100	>120
12	0.25	6	0.25	6	0.57	11	6.71	58	49.66	>120	73.59	>120	>100	>120	>100	>120
14	0.25	6	0.25	6	0.51	10	0.60	11	23.87	>120	39.87	>120	>100	>120	>100	>120
16	0.25	6	0.25	6	0.45	9	0.59	11	1.94	25	11.14	82	24.95	>120	>100	>120
18	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.48	10	1.82	24	10.76	80	24.57	>120	>100	>120
20	0.25	6	0.25	6	0.33	7	0.38	8	1.70	23	10.37	78	24.20	>120	>100	>120
22	0.25	6	0.25	6	0.27	7	0.28	7	1.58	22	9.98	76	23.83	>120	>100	>120
24	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	1.46	21	8.88	70	23.45	>120	29.18	>120
26	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	1.34	19	7.52	63	23.08	>120	28.92	>120
28	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	1.22	18	6.28	55	22.71	>120	28.67	>120
30	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	1.10	17	5.16	48	22.34	>120	28.41	>120
32	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.98	16	4.15	42	21.69	>120	28.15	>120
34	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.86	14	3.25	35	18.58	116	27.90	>120
36	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.74	13	2.47	29	15.49	102	27.64	>120
38	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.62	11	1.80	24	12.39	88	27.38	>120
40	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.50	10	1.25	18	9.29	72	27.13	>120
42	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.38	8	0.81	14	6.19	55	26.87	>120
44	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.49	10	3.09	34	26.61	>120
46	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	26.36	>120
48	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	26.10	>120
50	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	25.84	>120
52	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	25.59	>120
54	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	25.33	>120
56	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	25.07	>120
58	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	24.81	>120
60	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	24.56	>120
62	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	24.30	>120
64	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.93	33	24.04	>120
66	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.92	33	23.75	>120
68	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.80	32	22.71	>120
70	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.67	31	21.68	>120
72	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.54	30	20.64	>120
74	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.42	29	19.61	120
76	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.29	28	18.57	116
78	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.17	27	17.54	111
80	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	2.04	26	16.50	107
82	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.91	25	15.47	102
84	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.79	24	14.43	97
86	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.66	22	13.39	93
88	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.54	21	12.36	88
90	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.41	20	11.32	83
92	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.28	19	10.29	77
94	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.16	18	9.25	72
96	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	1.03	16	8.22	66
98	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.90	15	7.18	61
100	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.78	13	6.15	55
102	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.65	12	5.11	48
104	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.53	10	4.08	41
106	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.25	6	0.39	8	0.40	9	3.04	34

Tabla 4. Niveles de energía incidente de arco eléctrico. Para notas de aplicación, véase la siguiente página.

Notas del análisis de riesgo de arco eléctrico, Tabla 4

1. Esta información no debe usarse como una recomendación para trabajar en equipos energizados, tiene como único fin ayudar a determinar el EPP necesario para proteger al trabajador contra quemaduras que pueden ser producidas por un arco eléctrico. Esta información no toma en cuenta los efectos por presión, expulsión o pulverización del material derretido y vapor tóxico, que son producto de una falla de arco eléctrico. Tampoco trata lo relacionado con el mantenimiento del dispositivo de protección contra sobrecorriente.
2. Esta información se basa en las fórmulas simplificadas para fusibles del Anexo D.4.6. del NFPA 70E y en la Guía para análisis de riesgo de arco eléctrico del IEEE 1584, 2002
3. Debe utilizarse el EPP adecuado siempre que se realice algún trabajo en equipos que no están puestos en una condición de trabajo eléctricamente segura. La prueba de tensión, como parte del procedimiento de bloqueo/etiquetado (poner el equipo en una condición de trabajo eléctricamente segura), es considerada como trabajar en partes energizadas, según OSHA 1910.333(b).
4. La información está basada en una distancia entre electrodos de 32 mm (1-1/4"), sistema trifásico no puesto a tierra, 600 V y caja de 20" x 20" x 20". La energía incidente se basa en una distancia de trabajo de 18 pulgadas y un AFB de 1.2 cal/cm² (umbral de quemadura de segundo grado).
5. La información se basa en pruebas que se realizaron, a diferentes corrientes de falla, a cada fusible Low-Peak KRP-C y LPS-RK, Bussmann series, indicado en las tablas. Estas pruebas se usaron para desarrollar las fórmulas como se muestran en el Anexo D.4.6, del NFPA 70E, y en el IEEE 1584, 2002. Los resultados reales de los casos podrían diferir por diversas razones, que incluyen:
 - Tensión del sistema
 - Factor de potencia de cortocircuito
 - Distancia del arco eléctrico
 - Hueco del arco eléctrico
 - Tamaño del alojamiento
 - Fabricante del fusible
 - Clase de fusible
 - Orientación del trabajador
 - Sistema de conexión a tierra
 - Orientación de electrodos

Los LPS-RK, 100 A, fueron los fusibles más pequeños probados. La información para fusibles más pequeños que esos se basa en la información de fusibles de 100 A. Los valores de arco eléctrico para fusibles reales de 30 y 60 A podrían ser considerablemente menores que los de fusibles de 100 A. Sin embargo, eso no importa, ya que los valores de los fusibles de 100 A son bajos de por sí.

6. Los valores de energía incidente del fusible se escogieron no menores a 0.25 cal/cm², aunque muchos valores reales estuvieron por debajo de 0.25 cal/cm². Se eligió de esta manera para desalentar el trabajo con equipo energizado sin EPP adecuado, debido al bajo AFB.
7. La Tabla 4 también puede usarse con fusibles LPJ, TCF, FCF, JJS y LP-CC para determinar la energía incidente disponible y el AFB.
8. Los valores de las pruebas de fusibles incluyen la conversión de corriente de falla máxima, disponible, trifásica, en corriente de falla de arco eléctrico.
9. Para determinar el AFB y la energía incidente en aplicaciones con otros fusibles, utilice las ecuaciones básicas que se encuentran en el IEEE 1584, 2002, o en el Anexo D.4 del NFPA 70E.
10. Donde la corriente de arco eléctrico es menor que los valores del rango de limitación de corriente del fusible, cuando se calcula según el Anexo D.4.6 del NFPA 70E y el IEEE 1584, 2002, el valor de la energía incidente está dado como >100 cal/cm². En estos casos, para calcular los valores de energía incidente y límite de arco eléctrico, utilice los métodos básicos de ecuaciones del IEEE 1584, 2002, con la curva corriente-tiempo del fusible.



Curvas de características corriente-tiempo (TCC)

Son representaciones gráficas de la operación del OCPD bajo diversas condiciones de sobrecorriente, trazadas en amperes y segundos (véase Figura 39). Las TCC también representan un medio visual para comparar la operación de los OCPD y determinar si serán o no coordinados selectivamente (véase Coordinación selectiva, pág. 26).

La Figura 39 muestra las TCC para fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, para 400 A y 100 A, en serie, como se indica en el diagrama unifilar. El eje horizontal de la gráfica representa la corriente en amperes, RMS, sim.; el eje vertical representa el tiempo en segundos. Cada fusible está representado por una banda formada por las características mínimas de fusión (línea continua azul que muestra las características de operación más bajas) y las características de interrupción total (línea punteada roja que muestra las características de operación más altas). El área entre estas dos líneas representa la banda de tolerancia del fusible bajo condiciones específicas de prueba que, para una sobrecorriente dada, un fusible específico, bajo las mismas circunstancias, se abrirá en un tiempo que se encuentra dentro de su banda de tolerancia corriente-tiempo.

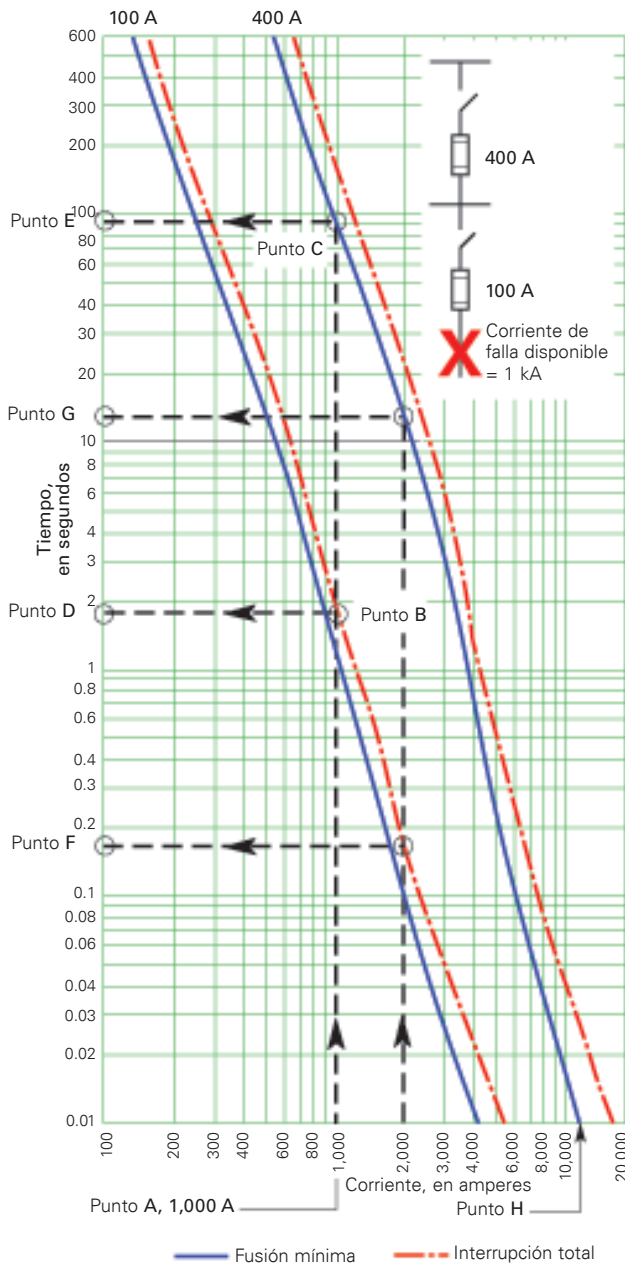


Figura 39. Curvas de fusión mínima y de interrupción total para fusibles de doble elemento, con retardo de tiempo, de 100 A y 400 A

Los fusibles tienen una característica inversa de corriente-tiempo, que significa que a mayor sobrecorriente, el fusible se abre más rápido y la interrumpe. Por ejemplo, el fusible de 100 A de la Figura 39, sujeto a una sobrecorriente de 200 A, muestra a través de su TCC que se abrirá y despejará la falla en aproximadamente 200 segundos; y para una sobrecorriente de 2,000 A, su TCC muestra que se abrirá y despejará la falla en aproximadamente 0.15 segundos.

En algunos casos, evaluar la coordinación entre dos o más fusibles es posible comparando sus TCC. Este método está limitado hasta el rango de sobrecorriente donde el fusible aguas arriba cruza 0.01 segundos. Por ejemplo, suponga que hay una sobrecorriente de 1 kA, RMS, sim., en el lado de carga de un fusible de 100 A. Para determinar el tiempo que le podría tomar a esta corriente abrir tanto el fusible de 100 A como el de 400 A:

- Localice 1 kA en el eje horizontal (Punto A).
- Siga verticalmente la línea segmentada hasta la intersección con la curva de despeje total del fusible de 100 A (línea roja, en el Punto B) y continúe hasta la intersección con la curva de fusión mínima del fusible de 400 A (línea azul, en el Punto C).
- Después, horizontalmente desde ambos puntos de intersección, siga las líneas segmentadas a los puntos D y E.

En 1.75 segundos, el Punto D representa el tiempo máximo que el fusible de 100 A tomaría para abrir la sobrecorriente de 1 kA. A 90 segundos, el Punto E representa el tiempo mínimo al cual el fusible de 400 A podría abrir esta sobrecorriente. Estos dos fusibles están coordinados para una sobrecorriente de 1 kA.

Para sobrecorrientes de hasta 11 kA (Punto H), aproximadamente, puede determinarse estos dos fusibles coordinados selectivamente porque no hay ninguna superposición de la curva y la corriente es menor que donde el fusible de 400 A, aguas arriba, cruza 0.01 segundos. Cuando la sobrecorriente sobrepasa 11 kA, la coordinación selectiva no puede determinarse usando curvas TCC, y deberán usarse tablas de relación de selectividad de fusibles. El uso de las tablas de relación de selectividad, Bussmann series, facilita determinar si los fusibles están o no coordinados selectivamente y elimina la necesidad de trazar y comparar las TCC de los fusibles (véase tabla de relaciones de selectividad de fusibles Bussmann series, en la pág. 26).



La asistencia técnica está disponible para todos los clientes. El soporte de aplicaciones está disponible de lunes a viernes, de 8:00 a.m. a 6:00 p.m., hora del Centro. Llame sin costo al 01800-8-FUSEMX (387369) o escriba un correo electrónico: ventasbussmannmexico@eaton.com.

Coordinación selectiva

Si bien es importante seleccionar los OCPD basándose únicamente en su capacidad para llevar corriente de carga del sistema e interrumpir la corriente máxima de falla en sus respectivos puntos de aplicación, no es suficiente. A medida que aumenta la demanda de confiabilidad del sistema de energía, el desempeño de los OCPD en el sistema se vuelve cada vez más importante y su función debería, idealmente, limitar una interrupción en el sistema de energía a únicamente esa porción del circuito que haya fallado. Los tipos y clasificaciones de los OCPD seleccionados (o configuración) determinan si están selectivamente coordinados aguas arriba y aguas abajo en un sistema, para que únicamente el OCPD más cercano aguas arriba se abra en todo el rango de sobrecorrientes y tiempos de apertura, y dejar el resto del sistema sin interrupciones para conservar la continuidad del servicio.

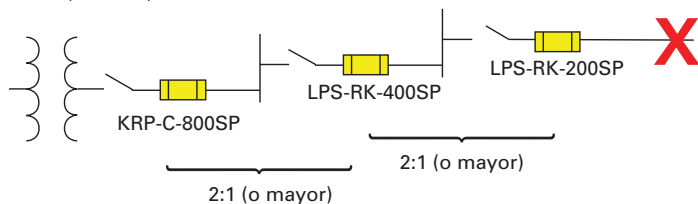


Figura 40. Los fusibles Low-Peak aplicados con una simple relación de clasificación de 2:1 amperes logran la coordinación selectiva.

La Figura 40 muestra las relaciones mínimas de clasificaciones de amperes para fusibles Low-Peak. Bussmann series, requeridas para proporcionar coordinación selectiva (discriminación) entre fusibles aguas arriba y fusibles aguas abajo.

Es muy sencillo coordinar selectivamente un sistema por medio de las tablas publicadas de relación de clasificación de amperes de fusibles y mantener las relaciones mínimas entre un fusible aguas arriba y uno aguas abajo. Esto asegurará que la coordinación selectiva se logre en todas las corrientes de falla hasta la clasificación de corriente del fusible.

Coordinación selectiva

Localización de una situación de sobrecorriente para restringir los cortes al circuito o equipo afectado, que se logra mediante la selección e instalación de dispositivos de protección contra sobrecorriente y sus clasificaciones o configuración para el rango completo de sobrecorrientes disponibles, desde sobrecargas hasta la máxima corriente de falla disponible, para el rango completo de tiempos de apertura del dispositivo de protección contra sobrecorriente asociados con esas sobrecorrientes.

Según el NEC, la coordinación selectiva es obligatoria para trayectorias del circuito de algunas cargas vitales en sistemas específicos como:

- Circuitos de elevadores. Sección 620.62
- Sistemas críticos de información de operaciones. Sección 645.27
- Bombas contra incendios tipo Campus. Sección 695.3
- Sistemas de emergencia. Sección 700.32
- Sistemas de reserva requeridos por la ley. Sección 701.27
- Sistemas de energía de operaciones críticas. Sección 708.54

Relaciones de selectividad de fusibles Bussmann series

Circuito				Fusible aguas abajo/lado de la carga												
Rango de clasificación				601-6,000 A	601-4,000 A	1-100 A	0-600 A			601-6,000 A	0-600 A	0-1,200 A	0-600 A	0-60 A	0-30 A	
	Tipo de fusible			Retardo de tiempo	Retardo de tiempo	Retardo de tiempo	Doble elemento y retardo de tiempo			Acción rápida	Acción rápida	Acción rápida	Acción rápida	Retardo de tiempo		
		Nombre comercial (clase de fusible)	Clave de fusible Bussmann	Low-Peak (L)	Limitron (L)	CUBEFuse (CF ²)	Low-Peak (J)	Low-Peak (RK1)	Fusetron (RK5)	Limitron (L)	Limitron (RK1)	Limitron (T)	Limitron (J)	SC (G)	(CC)	
				KRP-C_SP	KLU	TCF	LPJ-SP	LPN-RK_SP LPS-RK_SP	FRN-R FRS-R	KTU	KTN-R KTS-R	JJN JJS	JKS	SC	LP-CC FNQ-R KTK-R	
Lado de la carga / Lado de la línea	601 a 6,000 A	Retardo de tiempo	Low-Peak (L)	KRP-C_SP	2:1	2.5:1	2:1	2:1	2:1	—	—	—	—	—	2:1	
	601 a 4,000 A	Retardo de tiempo	Limitron (L)	KLU	2:1	2:1	2:1	2:1	4:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	
	0 a 600 A	Doble elemento	Low-Peak (RK1)	LPN-RK_SP LPS-RK_SP	—	—	2:1	2:1	2:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	2:1
	0 a 600 A	Doble elemento	Low-Peak (J)	LPJ-SP	—	—	2:1	2:1	2:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	2:1
	0 a 100 A	Doble elemento	CUBEFuse (CF ²)	TCF	—	—	2:1	2:1	2:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	2:1
	0 a 600 A	Doble elemento	Fusetron (RK5)	FRN-R FRS-R	—	—	1.5:1	1.5:1	1.5:1	2:1	—	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1	2:1
	601 a 6,000 A	Acción rápida	Limitron (L)	KTU	2:1	2.5:1	3:1	3:1	3:1	6:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1
	0 a 600 A	Acción rápida	Limitron (RK1)	KTN-R KTS-R	—	—	3:1	3:1	3:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	—
	0 a 1,200 A	Acción rápida	Limitron (T)	JJN JJS	—	—	3:1	3:1	3:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	—
	0 a 600 A	Acción rápida	Limitron (J)	JKS	—	—	3:1	3:1	3:1	8:1	—	3:1	3:1	3:1	4:1	—
	0 a 60 A	Retardo de tiempo	SC (G)	SC	—	—	3:1	3:1	3:1	4:1	—	2:1	2:1	2:1	2:1	—

Notas generales: Las relaciones dadas en esta tabla solo aplican para fusibles Bussmann series. Cuando fusibles diferentes tienen las mismas dimensiones, consulte la división Bussmann de Eaton.

1. Donde sea aplicable, las relaciones son válidas para versiones con o sin indicador de fusible abierto, del mismo fusible. Para algunos valores de corriente de falla, las relaciones especificadas podrán bajarse al valor más cercano permitido. Consulte la división Bussmann de Eaton.
2. Los OCPD con fusibles CUBEFuse, TCF, con retardo de tiempo, Clase CF, son de 1 a 100 A, con desempeño Clase J; sus dimensiones y construcción son de diseño único que ofrece protección para los dedos.

Tabla 5. Identifica las relaciones de clasificación de amperes de fusibles que aseguran coordinación selectiva.

Tipos y clases de fusibles

Fusibles de baja tensión para circuitos derivados

El código NEC define a los OCPD para circuitos derivados como dispositivos con capacidad de proporcionar protección a los equipos y circuitos derivados, alimentador y de servicio en todo el rango de sobrecorrientes entre su corriente nominal y su clasificación de interrupción. Además, son los únicos OCPD que el código NEC permite instalar en sistemas eléctricos de edificios. El artículo 100 establece:

“Dispositivo de protección contra sobrecorriente, circuito derivado. Dispositivo con capacidad de proporcionar protección a equipos y circuitos derivados, alimentadores y de servicio en todo el rango de sobrecorrientes entre su corriente nominal y su clasificación de interrupción. Dichos dispositivos están provistos con clasificaciones de interrupción adecuadas para el uso previsto, pero no menores a 5,000 amperes.”

Según esta definición, los OCPD de circuitos derivados son adecuados para proteger circuitos derivados y alimentadores y conductores de servicio en cualquier punto del sistema eléctrico, y deben tener la capacidad para protegerlos en todo el rango de sobrecorrientes, incluidas sobrecargas y fallas. Además, el OCPD debe tener una clasificación de interrupción suficiente para la aplicación, según el NEC 110.9. Los OCPD de circuitos derivados satisfacen los requisitos estándar, mínimos y comunes de separación, y las características corriente-tiempo de operación definidas por UL.

La Tabla 6 contiene una lista de los OCPD que pueden usarse para protección de circuitos derivados.

Tipo de dispositivo	Dispositivos permitidos	Fusibles Bussmann series
Fusibles para circuitos derivados UL 248	Clase CC	LP-CC, FNQ-R, KTK-R
	Clase CF	TCF, FCF
	Clase G	SC
	Clase H(K)	NON, NOS
	Clase J	LPJ-, JKS, DFJ
	Clase L	KRP-C, KLU, KTU
	Clase RK1	LPN-RK, LPS-RK, KTN-R, KTS-R
	Clase RK5	FRN-R, FRS-R
Interruptores automáticos UL 489	Interruptores automáticos de caja moldeada	—
		—
Interruptores automáticos UL 1066	Interruptores automáticos de caja aislada	—
	Interruptores automáticos de baja tensión	—

Tabla 6. OCPD permitidos para protección de circuitos derivados

Los normas UL 248 para fusibles cubren diferentes clases de fusibles de baja tensión (600 volts o menos). De esos, los modernos fusibles con limitación de corriente de circuitos derivados ayuda a garantizar la seguridad del sistema eléctrico durante toda su vida, porque impide instalar fusibles de otro tipo o de diferente tamaño. Así, los fusibles que no pueden proporcionar un nivel de protección mínimo similar para clasificaciones y funcionamiento críticos no pueden ser instalados de forma inadvertida.

Lo siguiente es inherente a todas las clases de fusibles con limitación de corriente. Cada clase de fusible debe cumplir:

- Los límites máximos pasantes (I_p e I^2t) durante la falla.
- Las clasificaciones mínimas de tensión.
- Las clasificaciones mínimas de interrupción de 200 kA para las clases CC, CF, J, L, R y T.
- Rechazo físico de:
 - Clases y tamaños de fusibles diferentes*
 - Fusibles sin limitación de corriente (véanse figuras 41 y 42)

* Los bloques para fusibles y los portafusibles están diseñados para aceptar un tamaño de clase de fusible que corresponde a un rango de amperes particular. Esto evita que se instalen fusibles de la misma clase pero de tamaño mayor a los instalados, y ayuda a evitar el sobredimensionamiento del fusible. Hay casos en donde es conveniente instalar un fusible de clase de menor tamaño que el bloque para fusible o portafusible; en estos casos, se permite usar adaptadores de fusibles.

Estos estándares de producto aseguran que los fusibles de circuitos derivados proporcionen la mínima y específica protección al circuito, cuando se usan equipos y fusibles con limitación de corriente. Una clase de fusible determinada garantizará las clasificaciones de tensión y de interrupción, y el nivel de limitación de corriente durante toda la vida del sistema eléctrico.

Por ejemplo, al usar equipos y fusibles Clase J, solo pueden instalarse fusibles Clase J. Esto asegura que la clasificación de voltaje siempre sea de 600 V (si la tensión del sistema es 120, 208, 480 o 575 V), la clasificación de interrupción de al menos 200 kA y la protección contra corriente de falla provista por sus características de limitación de corriente y corriente pasante. Si se requiere reemplazar los fusibles, únicamente pueden instalarse fusibles Clase J.



Figura 41. En los fusibles Clase J, Low-Peak, se logra el rechazo por su tamaño físico, que es diferente al de otros fusibles Clase UL.

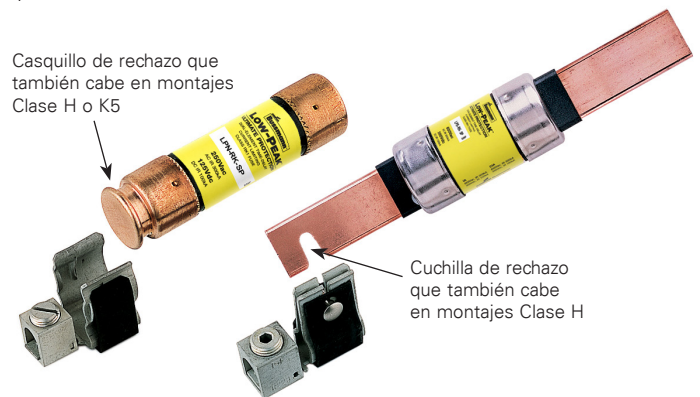


Figura 42. Clips de rechazo para fusibles Clase R (la restricción se encuentra en el casquillo o en la ranura de la cuchilla), que solo aceptarán fusibles Clase R.

Fusibles para distribución de energía en circuitos derivados, Bussmann series

Clase CC

Low-Peak LP-CC, con retardo de tiempo

- 600 V_{CA} , 1/2 a 30 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA
- UL 248-4, Clase CC, guía JDDZ, archivo UL E4273, 1/2-2.25 A (300 V_{CD} , IR de 20 kA), 3-15 A (150 V_{CD} , IR de 20 kA), 20-30 A (300 V_{CD} , IR de 20 kA); CSA Clase 1422-02, CSA archivo #53787



El fusible Low-Peak, Bussmann series, fue desarrollado por la creciente necesidad en la industria de contar, para circuitos de motores, con un fusible para circuitos derivados compacto y con ahorro de espacio (véase hoja de datos núm. 1023).

Limitron FNQ-R, con retardo de tiempo

- 600 V_{CA} , 1/4 a 30 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA
- UL 248-4, Clase CC, guía JDDZ, archivo UL E4273; CSA Clase 1422-01, CSA archivo 53787



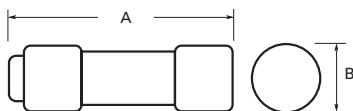
Ideal para protección de transformadores de control, el FNQ-R puede dimensionarse para satisfacer los requisitos del NEC 430.72 y el UL 508. Su pequeño tamaño y clasificación para circuito derivado permiten usarlo para circuitos derivados de motores y para la protección contra cortocircuito requerida por el NEC 430.52 (véase hoja de datos núm. 1014).

Limitron KTK-R, de acción rápida

- 600 V_{CA} , 1/10 a 30 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA
- UL 248-4, Clase CC, guía JDDZ, archivo UL E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787



Los fusibles KTK-R son pequeños, de alto desempeño, acción rápida, con un solo elemento, para proteger circuitos derivados, circuitos de control de motores, balastros para iluminación y accesorios de alumbrado público (véase hoja de datos núm. 1015).



Dimensiones: in (mm)

Rango de amperes	A	B
Hasta 30	1.5 (38)	0.41 (10)



Clase CF

El fusible CUBEFuse Clase L ofrece el mismo desempeño eléctrico que los fusibles UL Clase J. Disponible en versiones con retardo de tiempo o acción rápida, el CUBEFuse es el primer fusible del mundo con diseño de protección para los dedos y utiliza menos espacio que cualquier fusible clase de potencia; cumple los requisitos para IP20, protección para los dedos.



El CUBEFuse se monta en riel DIN de 35 milímetros y soportes con características de rechazo y clasificación de amperes para montar en tablero (30, 60 y 100 A) que no aceptan fusibles con clasificación mayor que la de los soportes, Además, el CUBEFuse puede montarse en el Protector Compacto de Circuito UL 98, disponible en 1, 2 y 3 polos, unidades configuradas en fábrica en los mismos incrementos de rechazo de clasificación (30, 60 y 100 A).

Con retardo de tiempo, Low-Peak, CUBEFuse TCF

- 600 V_{CA} , 1 a 100 A, doble elemento, con limitación de corriente, IR de 300 kA en CA
- Listado UL, Clase CF, con desempeño Clase J, UL 248-8, guía JFHR, archivo UL E56412, IR de 300 kA en CA (300 V_{CD} , IR de 100 kA); CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787, IR de 300 kA en CA (300 V_{CD} , IR de 100 kA).



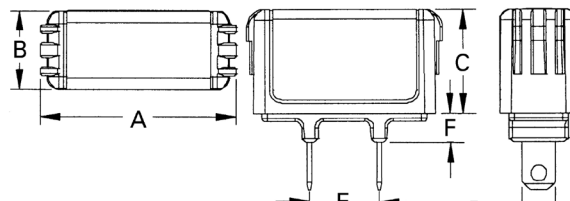
El Low-Peak, CUBEFuse TCF, ofrece protección Tipo 2 "Sin daño" para el arrancador del motor cuando se dimensiona adecuadamente. Disponible con indicación de fusible abierto, opcional (6 a 100 A) (véase hoja de datos núm. 9000).

CUBEFuse FCF, de acción rápida

- 600 $V_{CA/CD}$, 1 a 100 A, con limitación de corriente, IR de 300 kA (hasta 60 A) y de 200 kA (70 a 100 A) en CA; IR de 50 kA en CD
- Listado UL, Clase CF, guía JFHR, archivo UL E56412; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787, IR de 200 kA en CA.



El CUBEFuse TCF, de acción rápida, es un fusible sin indicación de fusible abierto, diseñado para satisfacer las necesidades de UPS y de aplicaciones críticas de energía (véase hoja de datos núm. 2147).



Dimensiones: in (mm)

Rango de amperes	A	B	C	D	E	F
1-15				0.23 (6)		
17-1/2						0.28 (7)
20	1.88 (48)	0.75 (19)	1.0 (25)	0.31 (8)		
25-30					0.63 (16)	
35-40				0.36 (9)		
45-50	2.13 (54)		1.13 (29)	0.44 (11)		
60		1.0 (25)				0.38 (10)
70						
80-90	3.01 (76)		1.26 (32)	0.49 (12)	0.58 (15)	
100				0.57 (14)		

Tablero de Coordinación Quick-Spec (QSCP)

El Tablero de Coordinación Quick-Spec utiliza el CUBEFuse para los OCPD de circuitos derivados. El QSCP facilita la coordinación selectiva en un sistema todo de fusibles, aplicando la tabla de relaciones de selectividad de fusibles.

Características

- Satisface los requisitos de coordinación selectiva del NEC.
- Configuraciones flexibles (hasta 400 A, 600 V_{CA} o menos)
- Requiere el mismo espacio que los tradicionales tableros de interruptores automáticos.
- Construcción segura para dedos, que incrementa el nivel de seguridad.
- Ahorra tiempo.
- Es fácil de especificar.
- Interruptores para circuitos derivados, con rechazo de clasificación de amperes que ayuda a evitar el sobredimensionamiento.
- Con espacio para almacenamiento de fusibles de reemplazo.



(Véase hoja de datos núm. 1160 y nota de aplicación núm. 3148.)

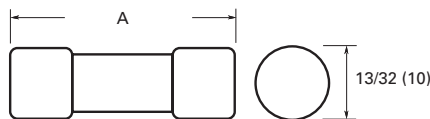
Clase G

SC, de acción rápida (hasta 6 A), con retardo de tiempo (8 a 60 A), propósito general

- 600 V_{CA} (1/2 a 20 A), 480 V_{CA} (25 a 60 A); 170 V_{CD} (1/2 a 20 A), 300 V_{CD} (25 a 60 A), con limitación de corriente, IR de 100 kA en CA, IR de 10 kA en CD
- UL 248-5, Clase G, guía JDDZ, archivo E4273, 0-20 A (170 V_{CD}, IR de 10 kA), 25-30 A (300 V_{CD}, IR de 10 kA), 35-60 A (300 V_{CD}, IR de 10 kA); CSA Clase 1422-01, CSA archivo 53787

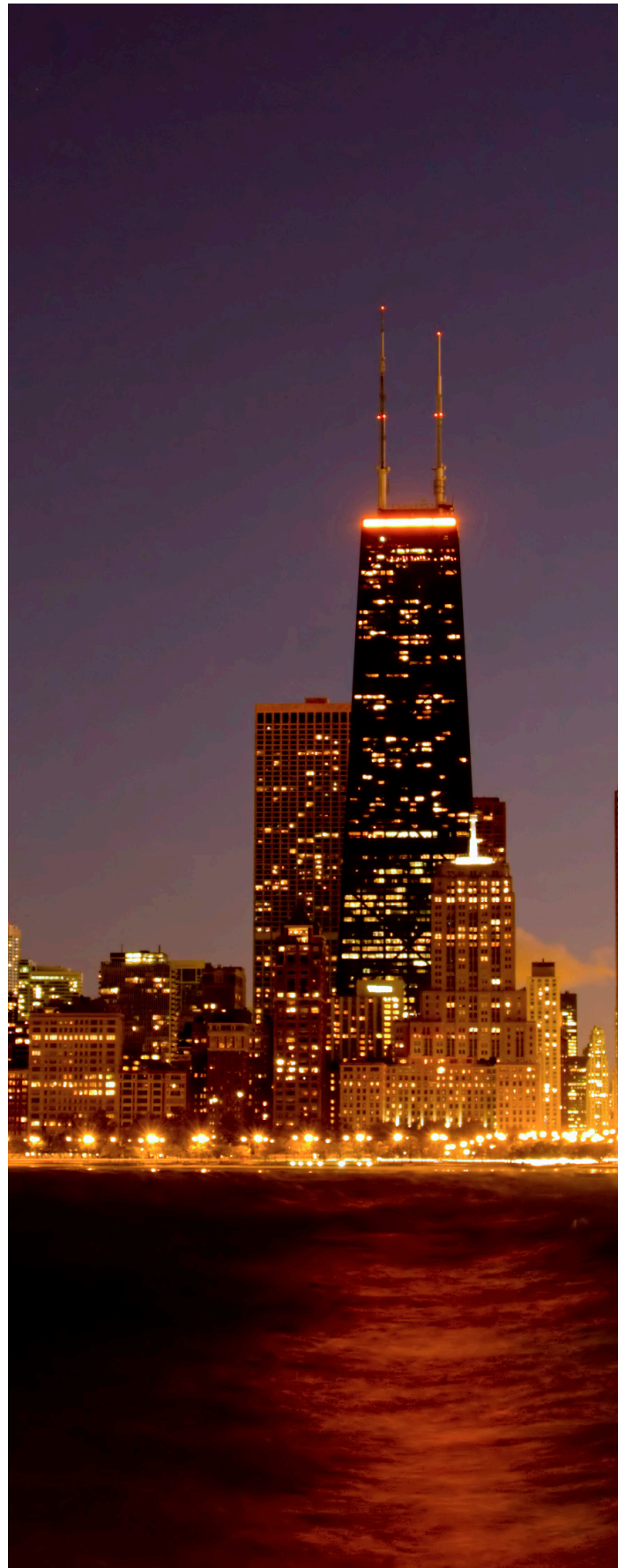


Fusible de alto desempeño, propósito general, para circuitos derivados de iluminación, aparatos y motores. La longitud de los fusibles varía con la clasificación de amperes, de 1-5/16 a 2-1/4 pulgadas, que sirve como característica de rechazo y ayuda a evitar el sobredimensionamiento. (Véase hoja de datos núm. 1024.)



Dimensiones: in (mm)

Clasificación de amperes del fusible	Dimensión A
1/2 a 15	1-5/16 (33)
20	1-13/32 (36)
25-30	1-5/8 (41)
35-60	2-1/4 (57)



Clase J

Low-Peak LPJ-SP, con retardo de tiempo

- 600 V_{CA}, 1 a 600 A, con doble elemento y limitación de corriente, IR de 300 kA en CA.
- UL 248-8, Clase J, guía JFHR, archivo E56412, IR de 300 kA, 1 a 600 A (300 V_{CD}, IR de 100 kA); CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

Los fusibles LPJ, "ahorradores de espacio", tienen la "ventaja" del retardo de tiempo, que les permite dejar pasar sobrecargas temporales, no dañinas, y ofrecer protección de respaldo contra sobrecarga y cortocircuito. Ideal para arrancadores IEC; proporcionan protección Tipo 2 "Sin daño" cuando se dimensionan adecuadamente (véase hoja de datos núm. 1006, hasta 60 A, y hoja de datos núm. 1007, de 70 a 600 A).



Limitron JKS, de acción rápida

- 600 V_{CA}, 1 a 600 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA.
- UL 248-8, Clase J, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

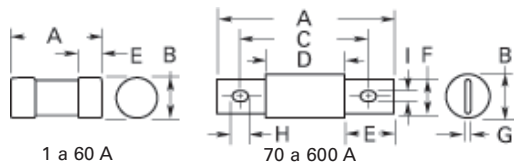
Básicamente, los fusibles Limitron JKS son iguales a los fusibles Limitron RK1, pero de menor tamaño físico. Los JKS son fusibles de un solo elemento, sin retardo de tiempo intencional y, por tanto, son mejor aplicados en circuitos libres de sobrecargas temporales de motores y transformadores. Las pequeñas dimensiones de los fusibles Clase J evitan su reemplazo por fusibles convencionales (véase hoja de datos núm. 1026, hasta 60 A, y hoja de datos núm. 1027, de 70 a 600 A).



Drive Fuse DFJ, ultrarrápidos

- 600 V_{CA}, 450 V_{CD}, (15 a 600 A), 1 a 600 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA (IR de 100 kA en CD)
- UL 248-8, Clase J, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

Los fusibles ultrarrápidos DFJ ofrecen la ventaja de satisfacer los requisitos de protección de circuitos derivados del NEC y UL. Diseñado específicamente para proteger actuadores, arrancadores suaves, relevadores de estado sólido y otros dispositivos electrónicos de potencia, el DFJ tiene la capacidad para limitar las corrientes de falla como un fusible semiconductor. El DFJ cabe perfectamente en todos los bloques de fusibles y portafusibles Clase J estándar (véase hoja de datos núm. 1048).



Dimensiones: in (mm)

Rango de amperes	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1-30	2.25 (57)	0.81 (21)	—	—	0.5 (13)	—	—	—	—
35-60	2.38 (60)	1.06 (27)	—	—	0.63 (16)	—	—	—	—
70-100	4.63 (118)	1.13 (29)	3.63 (92)	2.63 (67)	1.0 (25)	0.75 (19)	0.13 (3)	0.41 (10)	0.28 (7)
110-200	5.75 (146)	1.63 (41)	4.38 (111)	3.0 (76)	1.38 (35)	1.13 (29)	0.19 (5)	0.38 (10)	0.28 (7)
225-400	7.12 (181)	2.11 (54)	5.25 (133)	3.26 (83)	1.87 (48)	1.62 (41)	0.25 (6)	0.56 (14)	0.4 (10)
450-600	8.0 (203)	2.6 (66)	6.0 (152)	3.31 (84)	2.12 (54)	2.0 (51)	0.53 (14)	0.72 (18)	0.53 (14)



Productos innovadores Bussmann series, como este bloque para fusible y distribución de energía, Clase J, patentado, que combina bloque para fusible y bloque para distribución de energía en un solo ensamble, para reducir la cantidad de componentes y agilizar el tiempo de instalación y mano de obra.

Clase L

Low-Peak KRP-C, con retardo de tiempo

- 600 V_{CA}, 601 a 6,000 A, con limitación de corriente, IR de 300 kA en CA.
- UL 248-10, Clase L, guía JFHR, archivo E56412, IR de 300 kA en CA, 601-2,000 A y 3,000 A (300 V_{CD}, IR de 100 kA); CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

El KRP-C es un fusible de uso general para protección contra sobrecarga y cortocircuito de sistemas de alta capacidad. Su mínimo retardo de tiempo de 4 segundos a 5 veces su clasificación de amperes permite un dimensionamiento más cercano al valor de las cargas. Se recomienda el uso de fusibles Low-Peak de 1/10 a 600 A, de doble elemento y con retardo de tiempo, aguas abajo, y de fusibles Low-Peak KRP-C de 601 a 6,000 A, aguas arriba, con una simple relación de clasificación de amperes de 2:1, para fácil coordinación selectiva y protección contra cortes de energía. Los fusibles Low-Peak también permiten reducir el soporte de la barra alimentadora y proporcionar excelente protección general de cargas y circuitos (véanse hojas de datos núm. 1008, 601 a 2,000 A, y núm. 1009, 2,001 a 6,000 A).



Limitron KTU, de acción rápida

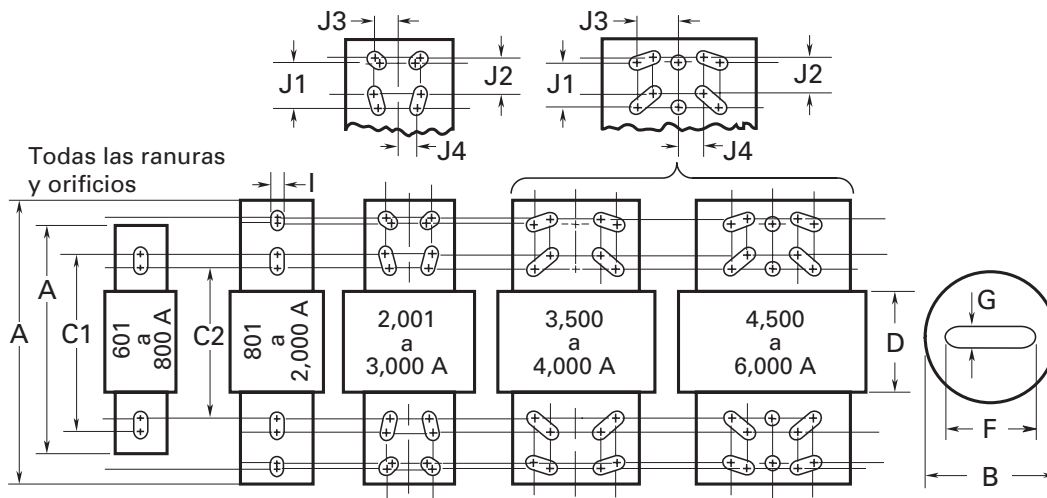
- 600 V_{CA}, 601 a 6,000 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA.
- UL 248-10, Clase L, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

El KTU es un fusible de un solo elemento, sin retardo de tiempo, de acción muy rápida, con un alto grado de limitación de corriente, que le permiten proporcionar excelente protección a los componentes del sistema. En circuitos de motores, el KTU se dimensiona a 300%, aproximadamente, de los amperes a plena carga del motor (véase hoja de datos núm.1010).

Limitron KLU, con retardo de tiempo

- 600 V_{CA}, 601 a 4,000 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA
- UL 248-10, Clase L, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

El KLU tiene un mínimo retardo de 5 segundos a 500% de su corriente nominal. La limitación de corriente del KLU no es como la de los fusibles KRP-C o KTU (véase hoja de datos núm. 1013).



Dimensiones — in (mm)

Rango de amperes	A	B	C1	C2	D	F	G	I	J1	J2	J3	J4
601-800	8.63 (219)	2.4 (61)										
801-1,200						2.00 (51)	0.38 (10)					
1,350-1,600		3.0 (76)				2.38 (60)	0.44 (11)					
1,800-2,000		3.5 (89)				2.75 (70)	0.5 (13)					
2,001-2,500	10.75 (273)	4.8 (122)	6.75 (172)	5.75 (146)	3.75 (95)	3.50 (89)		0.63 (16)				
3,000		5.0 (127)				4.00 (102)	0.75 (19)					
3,500-4,000		5.75 (146)				4.75 (121)			1.75 (45)	1.38 (35)		
4,500-5,000		6.25 (159)				5.25 (133)						
6,000		7.13 (181)				5.75 (146)	1.0 (25)				1.63 (41)	0.88 (22)

Clase RK1

Low-Peak LPN-RK y LPS-RK, con retardo de tiempo

- LPN-RK (250 V_{CA}) y LPS-RK (600 V_{CA}), hasta 600 A, con limitación de corriente, de doble elemento, IR de 300 kA en CA, IR de 100 kA en CD
- UL 248-12, Clase RK1, guía JFHR, archivo E56412; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787— LPN-RK, 0-60 A (125 V_{CD}, IR de 50 kA), 70-600 A (250 V_{CD}, IR de 50 kA); LPS-RK, 0-600 A (300 V_{CD}, IR de 50 kA).

Los fusibles Low-Peak RK1 ofrecen un alto grado de limitación de corriente de falla de los fusibles Limitron más la protección contra sobrecarga de los fusibles Fusetron para todos los tipos de cargas y circuitos.

Pueden dimensionarse muy cercanos al valor de la corriente a plena carga del motor, para protección confiable de respaldo. El dimensionamiento cercano al valor de las cargas permite usar interruptores (y fusibles) más pequeños y más económicos, lograr una mejor coordinación selectiva y alcanzar un mayor grado de limitación de corriente para protección de los componentes. Los fusibles Low-Peak RK1 tienen características de rechazo, pero también caben en portafusibles sin características de rechazo para reemplazar fácilmente a los fusibles Clase H(K), de menor clasificación, de las instalaciones existentes (para fusibles LPN-RK hasta 60 A, véase hoja de datos núm. 1001, y de 70 a 600 A, véase hoja de datos núm. 1002; para fusibles LPS-RK hasta 60 A, véase hoja de datos núm. 1003, y de 70 a 600 A, véase hoja de datos núm. 1004).

Limitron KTN-R y KTS-R, de acción rápida

- KTN-R (250 V_{CA}) y KTS-R (600 V_{CA}), hasta 600 A, con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA
- UL 248-12, Clase RK1, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

Los fusibles KTN-R y KTS-R, de acción rápida y un solo elemento, no tienen retardo de tiempo y proporcionan un alto grado de limitación de corriente de falla (protección para componentes). Son más apropiados para circuitos y cargas sin corrientes de arranque. Los fusibles Limitron RK1 tienen características de rechazo, pero también caben en portafusibles sin características de rechazo para reemplazar fácilmente a los fusibles Clase H(K), de menor clasificación, de las instalaciones existentes (para fusibles KTN-R, véase hoja de datos núm. 1043; para fusibles KTS-R, véase hoja de datos núm. 1044).

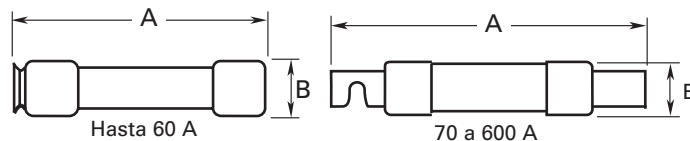
Clase RK5

Fusetron FRN-R y FRS-R, con retardo de tiempo

- FRN-R (250 V_{CA}) y FRS-R (600 V_{CA}), hasta 600 A, con limitación de corriente, de doble elemento, IR de 200 kA en CA y 20 kA en CD.
- UL 248-12, Clase RK5, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787 — FRN-R y FRS-R, hasta 600 A, IR de 200 kA en CA; FRN-R, 125 V_{CD}, IR de 20 kA en CD (hasta 60 A y 110 a 200 A), 250 V_{CD}, IR de 20 kA en CD (225 a 600 A); FRS-R, 300 V_{CD}, IR de 20 kA en CD (hasta 30 A y 65 kA a 600 A), 250 V_{CD}, IR de 20 kA en CD (35 a 60 A),

Los fusibles FRN-R y FRS-R, RK5, con retardo de tiempo, ofrecen excelente protección contra sobrecarga para cargas con corrientes de arranque, como motores, transformadores y solenoides. Los fusibles Fusetron no son de acción rápida en cortocircuitos, como los fusibles Low-Peak, y no ofrecen a los componentes un alto grado de protección contra cortocircuito.

Como los fusibles Low-Peak, los fusibles Fusetron pueden dimensionarse a valores más cercanos a las cargas, lo que permite usar interruptores más pequeños y de menor costo. Los fusibles Fusetron RK5 tienen características de rechazo, pero también caben en portafusibles sin características de rechazo para reemplazar fácilmente a los fusibles Clase H(K), de menor clasificación, de las instalaciones existentes (para fusibles FRN-R hasta 60 A, véase hoja de datos núm. 1017; de 70 a 600 A, véase hoja de datos núm. 1018; para fusibles FRS-R hasta 60 A, véase hoja de datos núm. 1019, y de 70 a 600 A, véase hoja de datos núm. 1020).



Las dimensiones básicas son las mismas que las de los fusibles Clase H(K) (NON y NOS) de propósito general. **Nota:** Con referencia a su compatibilidad dimensional, estos fusibles pueden reemplazar a los fusibles Clase H, RK1 y RK5, existentes.

Dimensiones: in (mm)

Rango de amperes	Fusibles 250 V		Fusibles 600 V	
	A	B	A	B
Hasta 30	2 (51)	0.56 (14)	5.0 (127)	0.81 (21)
35-60	3 (76)	0.81 (21)	5.5 (140)	1.06 (27)
RK5: FRN-R, FRS-R; RK1: KTN-R, KTS-R				
70-100	5.88 (149)	1.06 (27)	7.88 (200)	1.34 (34)
110-200	7.13 (181)	1.56 (40)	9.63 (245)	1.84 (47)
225-400	8.63 (219)	2.38 (61)	11.63 (295)	2.59 (66)
450-600	10.38 (264)	2.88 (73)	13.38 (340)	3.13 (80)
RK1: LPN-RK, LPS-RK				
70-100	5.88 (149)	1.16 (30)	7.88 (200)	1.16 (30)
110-200	7.13 (181)	1.66 (42)	9.63 (245)	1.66 (42)
225-400	8.63 (219)	2.38 (61)	11.63 (295)	2.38 (61)
450-600	10.38 (264)	2.88 (73)	13.38 (340)	2.88 (73)



Los bloques modulares para fusibles Clase R, Bussmann series, tienen características constructivas que les permiten montarse y desmontarse sin herramientas, para formar el número de polos requerido. Ya sea para montaje en riel DIN o en tablero, estos bloques están disponibles con cubiertas opcionales que tienen previsión de bloqueo/ etiquetado, para mayor seguridad eléctrica. También están disponibles en versiones de bloque de fusible con distribución de energía.

Clase H(K)

NON y NOS, de propósito general

- NON (250 V_{CA}) y NOS (600 V_{CA}), hasta 600 A, sin limitación de corriente, IR de 50 kA en CA (hasta 60 A) y de 10 kA (65 a 600 A)
- UL 248-9, Clase K5; UL 248-6, Clase H, guía JDDZ, archivo E4273; CSA Clase 1421-01, CSA archivo 53787 (NON, 65-600 A, IR de 10 kA en CA; NOS, 70-600 A, IR de 10 kA en CA)

Los fusibles de uso general Clase H(K), NON y NOS, no se consideran fusibles con limitación de corriente, ni incluyen retardo de tiempo, y se usan en circuitos con bajas corrientes de falla disponibles. Se recomienda actualizar los sistemas con fusibles Clase R, que pueden instalarse sin la necesidad de cambiar portafusibles o bloques de fusibles (para fusibles NON, NOS, véase hoja de datos núm. 1030).

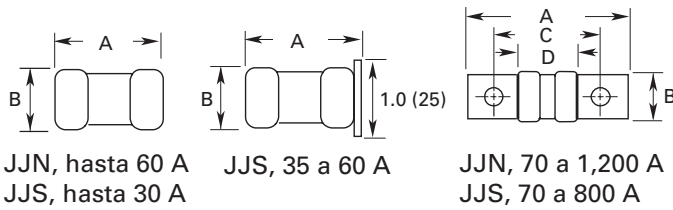


Clase T

Limitron JJN y JJS, de acción rápida

- JJN (300 V_{CA}, hasta 1,200 A) y JJS (600 V_{CA}, hasta 800 A), con limitación de corriente, IR de 200 kA en CA.
- UL 248-5, Clase T, guía JDDZ, archivo UL E4273, JJN, 15-600 A (160 V_{CD}, IR de 20 kA); JJN, 601-1,200 A (170 V_{CD}, IR de 100 kA); CSA Clase 1422-02, CSA archivo 53787

Los fusibles JJN y JJS son los equivalentes en ahorro de espacio a los fusibles Limitron KTN-R/KTS-R. En 1/3 de su tamaño, son los fusibles adecuados para aplicaciones donde el espacio es muy limitado. Estos fusibles de un solo elemento son de acción extremadamente rápida y proporcionan un alto nivel de limitación de corriente en cortocircuitos, para una excelente protección de componentes. Estos fusibles proporcionan únicamente protección contra cortocircuito y deben sobredimensionarse para circuitos con corrientes de arranque, comunes en motores, transformadores y otros componentes inductivos (para fusibles JJN, véase hoja de datos núm. 1025; para fusibles JJS, véase hoja de datos núm. 1029).



Dimensiones — in (mm)

Rango de amperes	A	B	C	D
JJN , 300 V				
Hasta 30	0.88 (22)	0.41 (10)	—	—
35-60	0.88 (22)	0.56 (14)	—	—
70-100	2.16 (55)	0.75 (19)	1.56 (40)	0.84 (21)
110-200	2.44 (62)	0.88 (22)	1.69 (43)	0.84 (21)
225-400	2.75 (70)	1.00 (25)	1.84 (47)	0.86 (22)
450-600	3.06 (78)	1.25 (32)	2.03 (52)	0.88 (22)
601-800	3.38 (86)	1.75 (45)	2.22 (56)	0.89 (23)
801-1,200	4.00 (102)	2.00 (51)	2.53 (64)	1.08 (27)
JJS, 600 V				
Hasta 30	1.50 (38)	0.56 (14)	—	—
35-60	1.56 (40)	0.81 (21)	—	—
70-100	2.95 (75)	0.75 (19)	2.36 (60)	1.64 (42)
110-200	3.25 (83)	0.88 (22)	2.50 (64)	1.66 (42)
225-400	3.63 (92)	1.00 (25)	2.72 (69)	1.73 (44)
450-600	3.98 (101)	1.25 (32)	2.96 (75)	1.78 (45)
601-800	4.33 (110)	1.75 (45)	3.17 (81)	1.88 (48)

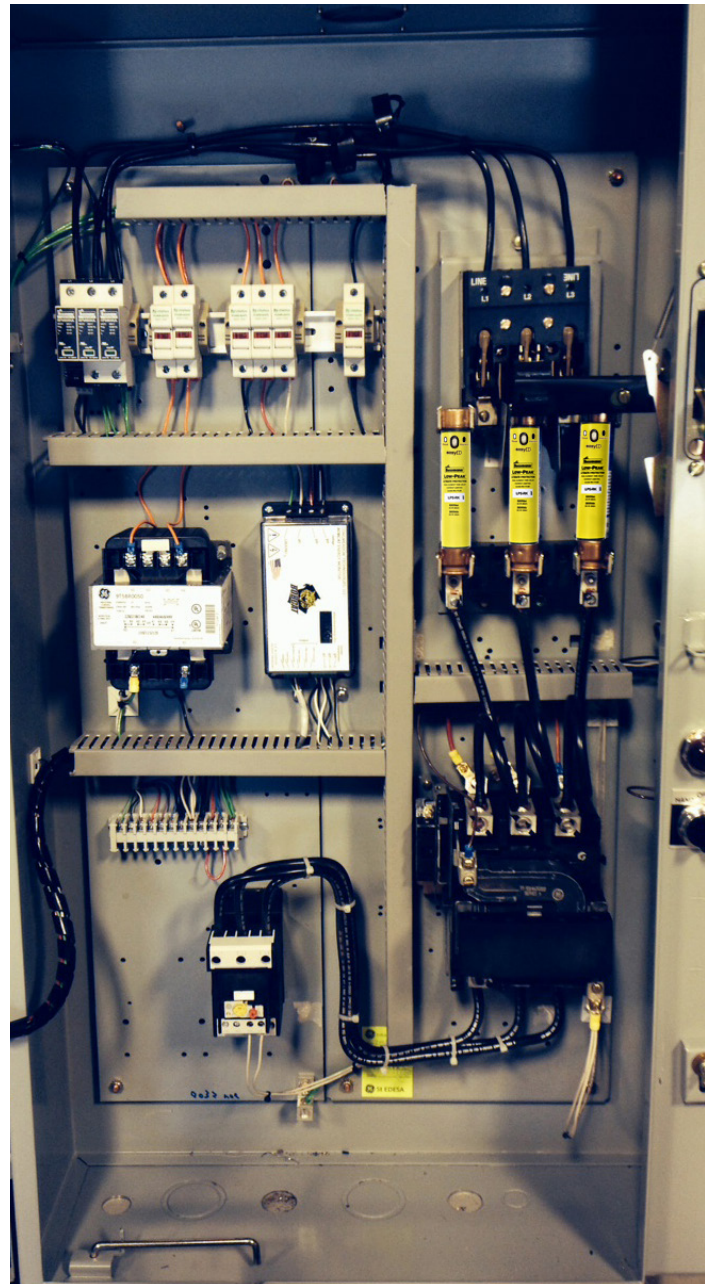


Tabla de selección de fusibles para circuitos derivados, Bussmann series (600 V o menos)

Circuito	Carga	Clasificación de amperes	Tipo de fusible	Clave de catálogo	Clasificación de voltaje (CA)	Clase de fusible	Clasificación de interrupción (kA)	Observaciones		
Dimensiones convencionales — Clase RK1, RK5 (0-600 A), L (601-6,000 A)										
Principal, alimentador, derivado	Todos los tipos de carga (óptima protección contra sobrecorriente)	Hasta 600 A	Low-Peak (doble elemento y retardo de tiempo)	LPN-RK_SP	250 V	RK1††	300	Fusibles de uso general. Inigualables para protección combinada contra cortocircuito y sobrecarga		
		601 a 6,000 A	Low-Peak (retardo de tiempo)	KRP-C_SP	600 V				L	
	Motores, soldadoras, transformadores, bancos de capacitores (circuitos con elevadas corrientes de arranque)	Hasta 600 A	Fusetron (doble elemento y retardo de tiempo)	FRN-R	250 V	RK5††	200			
		601 a 4,000 A	Limitron (acción rápida)	FRS-R	600 V				L	
	Sin cargas de motores (circuitos sin elevadas corrientes de irrupción). Los fusibles Limitron son especialmente adecuados para protección de interruptores automáticos. Hasta 600 A.	Hasta to 600 A	Limitron (acción rápida)	KLU	250 V	RK1††	200			
		601 a 6,000 A		KTN-R	600 V					
	IR de 100 kA (RMS, sim.) o mayor, con limitación de corriente	Todos los tipos de cargas (óptima protección contra sobrecorriente)	Hasta 100 A	CUBEFuse (protección para los dedos, doble elemento y retardo de tiempo)	TCF	600 V	(CF) J***		300	Fusibles de uso general, con protección para los dedos. Inigualables para protección combinada cortocircuito y sobrecarga. (Producto grado especificación)
			Hasta 600 A	Low-Peak (doble elemento y retardo de tiempo)	LPJ	600 V	J		300	Fusibles de uso general, con protección para los dedos. Inigualables para protección contra cortocircuito y sobrecarga combinados. (Producto grado especificación)
		Aplicaciones electrónicas de poder, como actuadores y SRR	Hasta 600 A	Drive fuse (ultrarrápido, Clase J)	DFJ	600 V	J		200	Cuando la protección de circuitos derivados es necesaria con características de fusible ultrarrápido.
		Sin cargas de motores (circuitos sin elevadas corrientes de arranque)	Hasta 600 A	Limitron (acción rápida)	JKS	600 V	J		200	Similar al Limitron KTS-R, pero más pequeño
Hasta 1,200 A			Limitron (acción rápida)	JJN	300 V	T	200	El "ahorrador de espacio" (1/3 del tamaño del KTN-R)		
Hasta 800 A			Limitron (acción rápida)	JJS	600 V	T	200	El "ahorrador de espacio" (1/3 del tamaño del KTS-R)		
Derivado		Cargas de motores (circuitos con elevadas corrientes de arranque)	Hasta 30 A	Low-Peak (retardo de tiempo)	LP-CC	600 V	CC	200	Muy compacto (13/32" x 1-1/2"), con características de rechazo. Excelente para protección de circuitos de motores.	
		Sin cargas de motores (circuitos sin elevadas corrientes de arranque)		Limitron (acción rápida)	KTK-R	600 V	CC	200	Muy compacto (13/32" x 1-1/2"), con características de rechazo. Excelente para iluminación exterior en carreteras.	
	Circuitos con transformadores de control y balastos para iluminación, entre otros	Limitron (retardo de tiempo)		FNQ-R	600 V	CC	200	Muy compacto (13/32" x 1-1/2"), con características de rechazo. Excelente para protección de transformadores de control.		
IR de 10-50 kA	Uso general, como tableros de iluminación	Hasta 60 A	Uso general (1/2-6 A, retardo de tiempo; 7-60 A, acción rápida)	SC	600 V (0-20 A) 480 V (21-60 A)	G	100	Con limitación de corriente; diámetro de 13/32"; la longitud varía según la clasificación de amperes.		
	Propósito general (fusibles sin limitación de corriente)	Hasta 600 A	Uso general	NON NOS	250 V 600 V	H o K5†	10	Precursores de los modernos fusibles de cartucho		
			Tipo S (doble elemento, retardo de tiempo)	S	125 V	S	10	La rosca de la base del fusible tipo S varía con la clasificación de amperes (rechazo por tamaño). Los fusibles tipo T y tipo W tienen base Edison. Los fusibles tipo S y tipo T se recomiendan para circuitos de motores. Los fusibles tipo W no se recomiendan para circuitos de motores.		
			Tipo T (doble elemento, retardo de tiempo)	T	125 V	**	10			
	Hasta 12 A	Tipo W (acción rápida)	W	125 V	**	10				

** Listado UL como fusible tapón, base Edison.

† Algunas clasificaciones de amperes están disponibles como UL Clase K5, con clasificación de interrupción de 50,000 A.

†† Los fusibles RK1 y RK5 caben en interruptores estándar, equipados para fusibles (K1, K5 y H), bloques de fusibles y portafusibles, sin característica de rechazo; sin embargo, la característica de rechazo de interruptores y bloques de fusibles Clase R diseñados específicamente para fusibles con rechazo (RK1 y RK5) evita instalar fusibles sin característica de rechazo (K1, K5 y H).

*** Desempeño Clase J, dimensiones especiales para protección para los dedos.

**** Para la mayoría de estos fusibles, hay versiones con indicador y sin indicador de fusible abierto, cada una con su número de catálogo correspondiente.

Tabla 7. Tabla de selección de fusibles para circuitos derivados

OCPD suplementarios/de aplicación limitada

Los OCPD suplementarios o de aplicación limitada de la Figura 43 no están clasificados para circuitos derivados (no pueden ser instalados en el sistema eléctrico de un edificio), pero desempeñan funciones específicas dentro de un circuito. Dos ejemplos de OCPD de aplicación limitada incluyen protectores de circuitos de motores y dispositivos de protección suplementarios.

Los OCPD de aplicación limitada no pueden usarse en lugar de OCPD de circuitos derivados, sin embargo, un OCPD clasificado para circuito derivado puede usarse en lugar de un OCPD de aplicación limitada.

Es importante entender las diferencias entre estos dispositivos para asegurar su aplicación adecuada. No usar un OCPD para circuito derivado donde es requerido podría generar peligros de seguridad eléctrica, potencialmente graves para la gente, o dañar las instalaciones. Además, las violaciones al código NEC podrían ser sancionadas por la autoridad correspondiente (AHJ), causando retardos y gastos del proyecto no planeados.



UL 248-14
Fusibles
suplementarios

UL 1077
Protectores suplementarios
(miniinterruptores automáticos)

Figura 43. Los OCPD suplementarios no pueden usarse para protección de circuitos derivados.

Los OCPD suplementarios no son dispositivos de uso general y deben ser evaluados previamente para su aplicación adecuada en cada caso donde son usados. Los OCPD suplementarios son de aplicación extraordinariamente específica y, antes de su aplicación, deben ser investigadas las diferencias y limitaciones de estos dispositivos.

Fusibles suplementarios, Bussmann series

En las siguientes páginas se encuentran ejemplos de fusibles de acción rápida, con retardo de tiempo, con las especificaciones que deben considerarse antes de hacer la selección correcta para una aplicación particular. Las siguientes observaciones deben ser tomadas en cuenta:

- La información de la agencia certificadora no es aplicable para todas las clasificaciones.
- Las clasificaciones de amperes específicas del fusible pueden tener diferentes clasificaciones de voltaje y sus clasificaciones de interrupción correspondientes.
- Dependiendo de su clasificación de amperes, la construcción puede variar y afectar los medios de montaje disponibles (véase FNA, página 37).
- Algunos tienen perno indicador, que proporciona un medio de notificación visual o activa un microinterruptor en sistemas de monitoreo a distancia.
- Sus etiquetas tienen un código de colores para indicar la clasificación de voltaje máxima que puede coincidir en un rango de amperes dentro de una familia de fusibles.

Todos estos factores deben ser revisados para asegurar que se especifica el fusible suplementario adecuado y satisface los requisitos de la aplicación para:

- Operación (con retardo de tiempo o de acción rápida)
- Clasificación de voltaje (por clasificación de amperes del fusible)
- Clasificación de amperes
- Clasificación de interrupción a la clasificación de amperes aplicada y tensión del sistema
- Necesidades especiales (perno indicador)

Excepciones en el código NEC para la aplicación de OCPD suplementarios

Hay excepciones que permiten usar un OCPD suplementario de aplicación específica en un circuito derivado, pero deben cumplirse las condiciones establecidas por el código NEC.

- (1) Permitidos para aplicaciones específicas en circuitos derivados, bajo condiciones limitadas, según referencias específicas en el NEC. Estos OCPD tienen algunas limitaciones y no son realmente dispositivos para circuitos derivados, pero pueden ser permitidos si están calificados para el uso en cuestión. Ejemplos:
 - Fusibles ultrarrápidos que no son OCPD para circuitos derivados, pero pueden usarse para protección contra corriente de falla en circuitos de motores que utilizan dispositivos electrónicos de potencia, según la 430.52(C)(5) del NEC.
 - Los protectores para circuitos de motores (MCP) son dispositivos reconocidos (no listados) y pueden usarse para protección contra corrientes de falla de circuitos derivados de motores si se aplican en combinación con un arrancador listado para el cual se ha probado el MCP y se ha encontrado aceptable (según la 430.52(C)(3) del NEC).
 - Los arrancadores autoprotegidos están listados únicamente para protección de circuitos derivados de motores; no pueden usarse en otros tipos de circuitos derivados o para protección de los circuitos principal o alimentador.
 - Al considerar OCPD suplementarios, de aplicación específica, debe ponerse especial atención al tipo de circuito, los requisitos NEC y el listado o reconocimiento del producto del dispositivo.
- (2) Dispositivos de protección contra sobrecorriente suplementarios. Estos dispositivos tienen aplicaciones limitadas y siempre deben cumplir con la 240.10 del NEC.

240.10. Protección suplementaria contra sobrecorriente. Donde se usa protección suplementaria contra sobrecorriente para luminarias, aparatos y otros equipos... no debe usarse como sustituto de los dispositivos requeridos para sobrecorriente del circuito derivado o en lugar de la protección requerida para circuitos derivados.



BAF, de acción rápida, 13/32" x 1-1/2"

Fusible suplementario de acción rápida. Código de color verde (250 V_{CA}, máx.) (véase hoja de datos núm. 2011).

Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Low-Peak, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1023).



Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	250 V _{CA}	125 V _{CA}	UL	CSA
1/4 a 1	35 A	10 kA	-	X
1-1/2 a 2-1/2	100 A	10 kA	-	X
3	100 A	10 kA	X	X
4 a 10	200 A	10 kA	X	X
12 a 15	750 A	10 kA	X	X
20 a 30	200 A	10 kA	-	-

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, 250 V_{CA} (3 a 15 A), guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, 250 V_{CA} (1/4 a 15 A), Clase 1422-01, archivo 53787

BBS, de acción rápida, 13/32" x 1-3/8"

Fusible suplementario de acción rápida. Código de color negro (600 V_{CA}, máx., 1/10 a 6 A), verde (250 V_{CA}, máx., 7 a 10 A) y morado (48 V_{CA}, máx., 12 a 30 A) (véase hoja de datos núm. 2010).

Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Low-Peak, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1023).



Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema			Información de la agencia certificadora	
	600 V _{CA}	250 V _{CA}	48 V _{CA}	UL	CSA
1/10 a 6	10 kA	—	—	X	X
7 a 10	—	10 kA	—	X	X
12 a 30*	—	—	—	—	—

* Consulte a fábrica para clasificación de interrupción.

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, (600 V_{CA} (1/10-6 A), 250 V_{CA} (7-10 A)), guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, C22.2 núm. 248.14, 600 V_{CA} (1/10-6 A), 250 V_{CA} (7-10 A), Clase 1422-01, archivo 53787; CE

KLM, de acción rápida, 13/32" x 1-1/2"

Fusible suplementario de acción rápida. Código de color negro (600 V_{CA/CD}, máx.) (véase hoja de datos núm. 2020).

Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Low-Peak, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1023).

Para protección de sistemas PV, use fusibles PVM, 10 x 30 mm (véase hoja de datos núm. 10121).



Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	600 V _{CA}	600 V _{CD}	UL	CSA
1/10 a 30	100 kA	50 kA	X	X

Características eléctricas

Porcentaje de clasificación de amperes	Tiempo de apertura
110%	4 horas, mínimo
135%	En CA, abre dentro del plazo de 1 hora.

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, C22.2 núm. 248.14, Clase 1422-01, archivo 53787; cumple la norma RoHS; CE

KTK, de acción rápida, 13/32" x 1-1/2"

Fusible suplementario de acción rápida. Código de color negro (600 V_{CA}, máx.) (véase hoja de datos núm. 1011).

Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Low-Peak, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1023).



Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	600 V _{CA}	UL	CSA	
1/10 a 30	100 kA	X	X	

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, C22.2 núm. 248.14, Clase 1422-01, archivo 53787, HRC-MISC; cumple la norma RoHS; CE

MIC, de acción rápida, 13/32" x 1-1/2", con perno indicador

Fusible suplementario de acción rápida, con perno indicador. Código de color verde (250 V_{CA} máx., 1 a 15 A), gris (32 V_{CA} máx., 20 a 30 A) (véase hoja de datos núm. 10246).



Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	250 V _{CA}	32 V _{CA}	UL	CSA
1	35 A	—	X	—
2 a 3	100 A	—	X	—
5 a 10	200 A	—	X	—
15	750 A	—	X	—
20 a 30	—	10 kA	—	—

Características eléctricas

% de clasificación del fusible	Tiempo de apertura
110	Indefinidamente
135	1 hora, máx.

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, 1-15 A, guía JDYX, archivo E19180; CE.

FNA, con retardo de tiempo, 13/32" x 1-1/2", con perno indicador

Fusible suplementario con retardo de tiempo y perno indicador. Código de color verde (250 V_{CA} máx., 1/10 a 6 A), azul (125 V_{CA} máx., 6-1/4 a 15 A) y gris (32 V_{CA} máx., 20 a 30 A) (véase hoja de datos núm. 2029).



Construcción de doble tubo a partir de 12 A

Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema			Información de la agencia certificadora	
	250 V _{CA}	125 V _{CA}	32 V _{CA}	UL	CSA
1/10 a 8/10	35 A	10 kA	-	X	X
1 a 6	200 A	10 kA	-	X	X
6-1/4 a 15	-	10 kA	-	X	X
20 a 30	-	-	1 kA	-	-

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, 125/250 V_{CA} (1/10 a 8/10 A), 125 V_{CA} (1 a 15 A), guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, 125 V_{CA} (1/10 a 10 A), Clase 1422-01, archivo 53787; CE

FNM, con retardo de tiempo, 13/32" x 1-1/2"

Fusible suplementario con retardo de tiempo. Código de color verde (250 V_{CA} máx.) (véase hoja de datos núm. 2028).



Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Low-Peak, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1023).

Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	250 V _{CA}	125 V _{CA}	UL	CSA
1/10 a 1	35 A	10 kA	X	X
1-1/8 a 3-1/2	100 A	10 kA	X	X
4 a 10	200 A	10 kA	X	X
12 a 30	10 kA	-	X	X

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, Clase 1422-01, archivo 53787; cumple la norma RoHS; CE

FNQ, con retardo de tiempo, 13/32" x 1-1/2"

Fusible suplementario con retardo de tiempo. Código de color anaranjado (500 V_{CA} máx.) (véase hoja de datos núm. 1012).



Para mayor protección, Eaton recomienda actualizar a fusibles Limitron FNQ-R, Clase CC, Bussmann series (véase hoja de datos núm.1014).

Clasificaciones

Rango de amperes del fusible	IR a la tensión del sistema		Información de la agencia certificadora	
	500 V _{CA}		UL	CSA
1/10 a 30	10 kA		X	X

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-14, guía JDYX, archivo E19180; Certificado CSA, C22.2 núm. 248.14, Clase 1422-01, archivo 53787, HRC-MISC; cumple la norma RoHS; CE



Los portafusibles modulares CH con protección para los dedos, Bussmann series, para fusibles suplementarios, PV y Clase CC, tienen características para instalarlos sin herramientas y formar el número de polos requerido. Estos portafusibles con montaje en riel DIN están disponibles con indicación de fusible abierto, opcional, y PLC para monitoreo del fusible a distancia, lo cual permite una localización más rápida del problema; además, están disponibles accesorios como barras alimentadoras tipo peine para facilidad de agrupamiento.

Aplicación de OCPD suplementarios en circuitos derivados

El código NEC define un OCPD suplementario como “un dispositivo diseñado para proporcionar protección limitada contra sobrecorriente para aplicaciones específicas y equipo de aprovechamiento, como luminarias (accesorios para iluminación) y aparatos. Esta protección limitada es adicional a la protección provista en el circuito derivado por el dispositivo de protección requerido contra sobrecorriente del circuito derivado.”

Los OCPD suplementarios:

- Únicamente pueden usarse para protección adicional cuando se instalan en el lado de carga del dispositivo contra sobrecorriente del circuito derivado.
- No pueden aplicarse donde se requieren OCPD para circuito derivado.
- Pueden usarse en aplicaciones de aparatos y para protección adicional (suplementaria) donde ya existe protección contra sobrecorriente de circuitos derivados. En aplicaciones de aparatos, el dispositivo suplementario del aparato proporciona protección para los circuitos internos y complementa la protección del OCPD de circuitos derivados.

La 240.10 del NEC permite usar OCPD suplementarios para iluminación y aparatos, como se muestra en la Figura 44. La protección suplementaria es adicional a la provista por el OCPD del circuito derivado, para protección del circuito derivado localizado en el tablero de iluminación en la Figura 44.

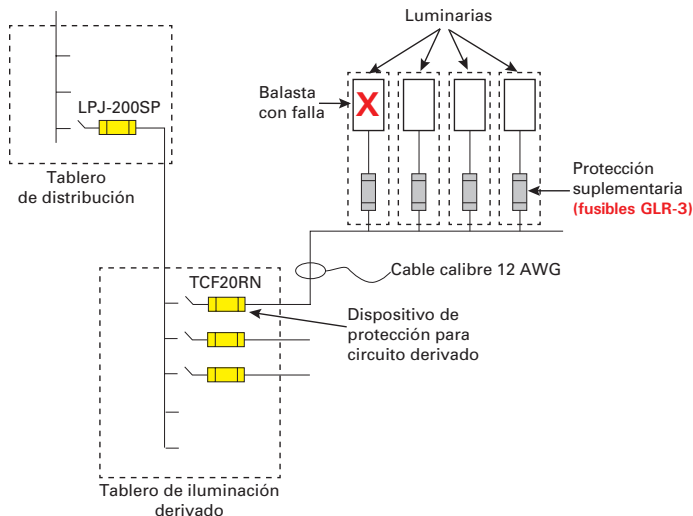


Figura 44. Según la 240.10 del NEC, pueden emplearse OCPD suplementarios, pero no serán considerados como protección al circuito derivado.

Están permitidos los OCPD de circuito derivado para protección suplementaria y pueden reemplazar a OCPD suplementarios (véase Figura 45). En lugar de usar un OCPD suplementario para protección suplementaria de la luminaria, se usa un OCPD de circuito derivado. El hecho de que se use un OCPD de circuito derivado (fusible KTK-R-3) donde está permitido un dispositivo suplementario, no cambia el circuito (entre el tablero de iluminación y los accesorios) de derivado a alimentador. En el caso de la Figura 45, el circuito derivado inicia en el lado de carga del fusible de 20 A, en el tablero de iluminación.

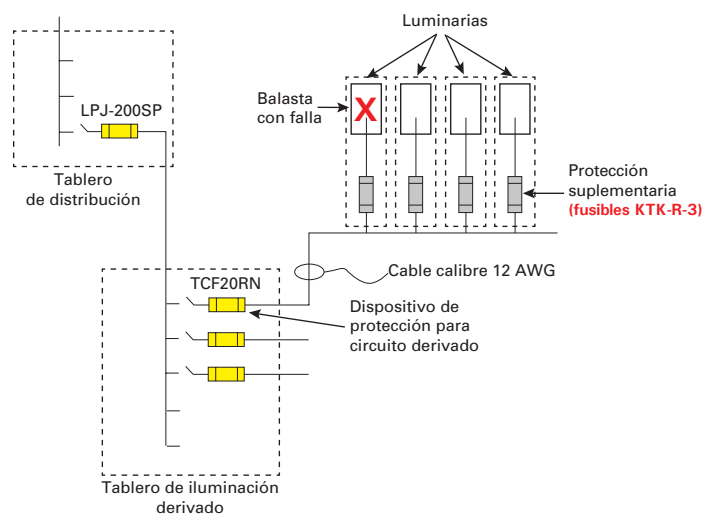


Figura 45. Pueden usarse OCPD de circuito de derivado para protección suplementaria.

Otra diferencia y limitación es que los OCPD suplementarios pueden tener espacios de despeje que son considerablemente menores a los de un OCPD de circuito derivado. Dos diferencias de dichos espacios de despeje son:

- Un protector suplementario, reconocido UL 1077, tiene requisitos de espacio de 3/8" entre las terminales y de 1/2" sobre la superficie, a 480 V.
- Un interruptor automático moldeado con clasificación UL 489 con 1" de aire y 2" sobre la superficie tiene requisitos de espacio entre las terminales a 480 V.

Además, los OCPD de circuito derivado tienen características de sobrecarga estándar para proteger los circuitos derivados y alimentador y los conductores de la entrada de servicio. Los OCPD suplementarios no tienen características de sobrecarga estándar (corriente-tiempo) y pueden diferir considerablemente de las características de sobrecarga de circuitos derivados estándar. Además, los OCPD suplementarios tienen clasificaciones de interrupción que van de 32 A hasta 100 kA. Cuando se consideran OCPD suplementarios para un uso adecuado, es importante asegurarse que su clasificación de interrupción es igual o excede la corriente de falla disponible, y que el dispositivo tiene la clasificación de voltaje adecuada para la instalación (incluyendo el cumplimiento de los requisitos de clasificación de doble voltaje (V_1/N_2), si es aplicable).



Diez razones por las que no se permite aplicar protectores suplementarios para circuitos derivados

1. Los protectores suplementarios no están diseñados ni evaluados para usarse como protección de circuitos derivados, según la UL 1077.
2. En comparación con los OCPD de circuitos derivados, los protectores suplementarios tienen espacios notablemente reducidos, y frecuentemente dependen de un OCPD de circuito derivado aguas arriba, separado.
3. Los protectores suplementarios no tienen límites de calibración estándar ni niveles de desempeño característico de sobrecarga, y no pueden asegurar protección adecuada para circuitos derivados.
4. Los protectores suplementarios multipolos usados en sistemas trifásicos no han sido evaluados para protección contra todos los tipos de sobrecorriente, ni probados para proteger circuitos contra todos los tipos de fallas (por ejemplo, fallas línea a tierra en sistemas conectados a tierra fase B).
5. La mayoría de los protectores suplementarios son probados para corrientes de falla con un OCPD de circuito derivado aguas arriba y regulan este dispositivo para un funcionamiento adecuado.
6. Los protectores suplementarios no requieren prueba para cerrarse durante una falla.
7. No se requiere recalibración del protector suplementario (para protección suplementaria con interruptores automáticos), y depende de las preferencias del fabricante. No hay seguridad de funcionamiento después de una falla o de restablecer el dispositivo. Los estándares de producto no requieren recalibración de los dispositivos suplementarios después de interrumpir una falla.
8. Después de una prueba de cortocircuito, se acepta un daño considerable al OCPD suplementario.
9. Los protectores suplementarios no están diseñados para usarse como medio de desconexión.
10. Los protectores suplementarios no están evaluados para desempeño de corriente de falla, como límites de energía de paso libre, o para protección de los conductores del circuito de prueba.



Fusibles de media tensión

Generalmente los fusibles de media tensión tienen clasificaciones que van de 2.5 kV a 38 kV y están diseñados bajo alguna de las tres clasificaciones definidas por el ANSI/IEEE C37.40:

- **Fusible de uso general con limitación de corriente:** Fusible capaz de interrumpir todas las corrientes desde la corriente de interrupción nominal hasta la corriente que provoca que el elemento del fusible se funda en 1 hora.
- **Fusible con limitación de corriente de respaldo:** Fusible capaz de interrumpir todas las corrientes desde la corriente de interrupción máxima hasta la corriente de interrupción mínima.
- **Fusible de expulsión:** Fusible con descarga en el que el efecto de expulsión de gases (producidos por el arco y el cuerpo del fusible, ya sea solo o ayudado por un resorte) extingue el arco eléctrico.

Los fusibles de uso general con limitación de corriente y los de respaldo están contruidos bajo un diseño sellado, sin descarga que, cuando el elemento se funde debido a una corriente dentro de la clasificación de interrupción del fusible, produce tensiones de arco que exceden la tensión del sistema, la cual, a su vez, fuerza la corriente a cero. Las tensiones de arco son producidas por una serie de arcos de alta resistencia dentro del elemento del fusible para crear un fusible que comúnmente interrumpe altas corrientes de falla dentro del primer 1/2 ciclo.

En contraste, el fusible de expulsión depende del proceso de interrupción que inicia con un solo arco, el cual actúa como catalizador para crear y causar que el gas desionizado escape del cuerpo del fusible.

Entonces, el arco es alargado, ya sea por la fuerza de los gases o por un resorte, de tal manera que en un momento determinado el arco se alarga lo suficiente para evitar que se reencienda después que el ciclo de corriente alterna (CA) pasa por una tensión de 0 volts y puede tardar muchos ciclos para despejar.

Aplicación

Muchas reglas de aplicación de fusibles con limitación de corriente y de expulsión son las mismas, con algunas reglas adicionales aplicadas a los fusibles con limitación de corriente porque reaccionan mucho más rápido en corrientes de falla altas. Los tres factores básicos a considerar al aplicar fusibles de media tensión son:

- Clasificación de tensión
- Capacidad ininterrumpida de transporte de corriente
- Clasificación de interrupción

Clasificación de voltaje

Por lo general, los fusibles de media tensión deben aplicarse lo más cerca posible de la clasificación de tensión del sistema (a diferencia de los fusibles de baja tensión que pueden aplicarse a la clasificación del sistema o a una tensión menor a su clasificación). Esto es particularmente importante en fusibles con limitación de corriente que funcionan formando arcos múltiples de alta resistencia que incrementarán la tensión de arco pico del fusible. La tensión de arco nunca deberá exceder el nivel de aislamiento básico del sistema (BIL) y crear un peligro de seguridad.

Capacidad para transportar corriente de forma continua

Los valores de corriente ininterrumpidos que aparecen en la etiqueta del fusible representan la corriente ininterrumpida que el fusible puede transportar sin exceder el incremento de temperatura especificado en la ANSI C37.46. Una aplicación que expone al fusible a una corriente ligeramente mayor a su clasificación ininterrumpida, pero menor a su clasificación ininterrumpida mínima, puede provocar daños al fusible por calor excesivo. Esta es la razón principal por la que en la protección de circuitos de motores se emplean relés de sobrecarga en serie con fusibles de respaldo con limitación de corriente.

Clasificación de interrupción

Al igual que todos los fusibles, los fusibles de media tensión deben tener una clasificación de interrupción igual o mayor que la corriente de falla disponible.

Reglas para fusibles de media tensión con limitación de corriente

Para asegurar una aplicación apropiada con fusibles con limitación de corriente, es importante aplicar las siguientes consideraciones:

- Como se ha señalado, los fusibles con limitación de corriente producen tensiones de arco que exceden la tensión del sistema. Es necesario asegurar que las tensiones pico no rebasen el nivel de aislamiento básico (BIL) del sistema. Si no está permitido que la clasificación de voltaje del fusible rebase la tensión del sistema por 140%, no habrá ningún problema. Esto no significa que no pueda usarse un fusible con clasificación más alta, sino que se debe asegurar que el BIL del sistema se encargará de la tensión de arco pico producida.
- Al igual que con los fusibles de expulsión, los fusibles con limitación de corriente deben ser coordinados adecuadamente con los otros OCPD del sistema. Para lograrlo, las reglas de aplicación de un fusible de expulsión deben cumplirse para todas las corrientes que puedan ocasionar que el fusible interrumpa en un tiempo de 0.01 segundos o mayor.

Cuando hay otros OCPD con limitación de corriente en el sistema, es necesario usar I^2t (energía térmica requerida para fundir el elemento de un fusible específico a la corriente nominal bajo condiciones de prueba) expresada como "corriente al cuadrado por tiempo"; o como A^2s , "amperes al cuadrado por segundo," valores para coordinación a las corrientes que causan la interrupción del fusible en menos de 0.01 segundos. Estos pueden suministrarse como valores máximo y mínimo o curvas I^2t de fundido mínimo y despeje total. En cualquier caso, aplique lo siguiente:

- La mínima I^2t de fusión del fusible debe ser mayor que la I^2t de despeje total del dispositivo con limitación de corriente aguas abajo.
- La I^2t de despeje total del fusible debe ser menor que la I^2t mínima de fusión del dispositivo con limitación de corriente aguas arriba.

Aplicación de fusibles con clasificación R

El fusible con limitación de corriente debe seleccionarse de tal manera que la curva del relé de sobrecarga cruce la curva de fusión mínima del fusible a una corriente mayor a 110% de la corriente a rotor bloqueado del motor.

Una selección preliminar se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{6.6 \times \text{corriente a plena carga}}{100} = \text{Clasificación R del fusible}$$

Este valor se redondea al siguiente tamaño mayor de fusible con clasificación R.

Ejemplo:

Un motor de 2,300 V tiene una clasificación de corriente a plena carga de 100 amperes y una corriente a rotor bloqueado de 600 amperes. La selección preliminar es:

$$\frac{6.6 \times 100}{100} = 6.6$$

Cuando se redondea al siguiente tamaño mayor de fusible con clasificación R, pasa a ser un fusible 9R, pero esto debe verificarse con las curvas de características corriente-tiempo apropiadas, las cuales se muestran en la Figura 46.

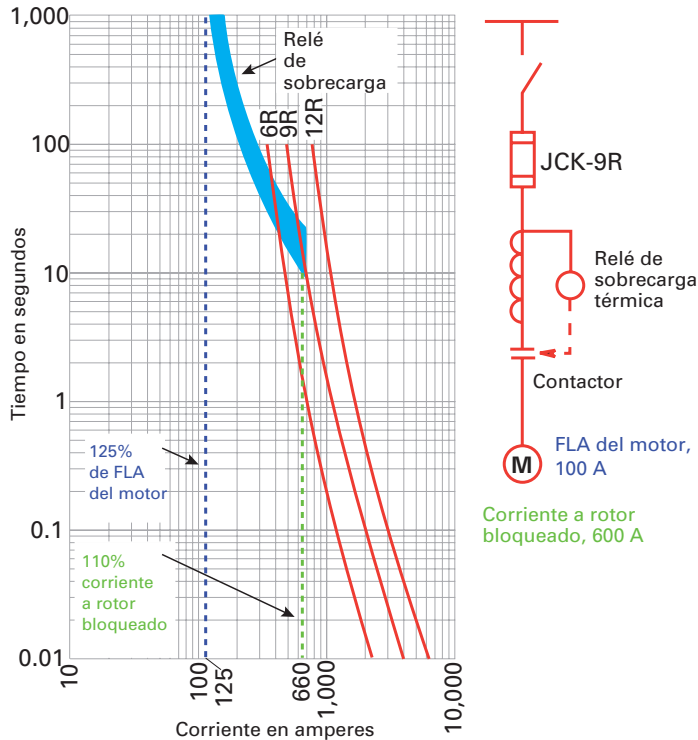


Figura 46. Tener especial cuidado para asegurar que la clasificación de amperes del fusible es compatible con la del relé de sobrecarga del motor.

El relé de sobrecarga del ejemplo tiene la característica de corriente-tiempo que se muestra en la Figura 46. Para asegurar que se seleccione el fusible adecuado, se debe graficar 110% de la corriente a rotor bloqueado y el rango (6R, 9R, 12R) de fusibles con clasificación R en la misma gráfica que el relé de sobrecarga.

El fusible seleccionado será el más pequeño cuya característica de fusión mínima cruce el relé de sobrecarga a una corriente mayor a 110% de la corriente a rotor bloqueado del motor. En este ejemplo, sería un fusible 9R, 2,400 V, determinado por la fórmula dada. Esto coincide con el método rápido de selección. Dependiendo del tipo de instalación y del arrancador utilizado, la elección correcta sería un JCK-9R, JCK-A-9R o 2BCLS-9R.

Reglas adicionales

Al seleccionar un fusible de expulsión, es importante que esté coordinado adecuadamente con otros OCPD aguas arriba y aguas abajo. Para lograrlo, se deben considerar las características de fusión y despeje del dispositivo. Dos curvas proporcionan esta información: la curva de fusión mínima y la curva de despeje total. Para asegurar una coordinación adecuada, debe cumplirse lo siguiente:

- La curva de interrupción total de cualquier dispositivo de protección aguas abajo debe estar por debajo de la curva que representa 75% de la curva de fusión mínima del fusible aplicado.
- Para cualquier dispositivo de protección aguas arriba, la curva de interrupción total del fusible aplicado debe permanecer por debajo de la curva que representa 75% de la curva de fusión mínima.

Fusibles de media tensión con clasificación R y circuitos de motores

Los fusibles de media tensión con clasificación R son fusibles con limitación de corriente de respaldo, que se usan en unión con motores y controladores de medio voltaje. Estos fusibles son únicamente para protección contra cortocircuito y no se protegen a sí mismos o a otros componentes durante cargas prolongadas. Ofrecen un alto grado de interrupción de corriente de falla en un paquete autocontenido, sin descarga, que puede montarse en interiores o dentro de un gabinete. Todos los fusibles con clasificación R, Bussmann series, vienen con indicación de fusible abierto, y algunos están disponibles con opción gancho-ojillo (Hookeye) para usar con pértiga para aislamiento sin interrupción de carga.

Los fusibles con clasificación R no tienen "clasificación de amperes", sino una clasificación R cuando satisfacen los siguientes requisitos:

- El fusible interrumpe de manera segura cualquier corriente entre su clasificación de interrupción mínima y máxima.
- El fusible se funde en un tiempo de 15 a 35 segundos al valor de 100 veces el número "R" (ANSI C37.46).

Aplicación

Los motores de medio voltaje son protegidos de manera eficiente por relés de sobrecarga aplicados conjuntamente con fusibles con limitación de corriente de respaldo, los cuales abren el circuito en condiciones de falla alta. El relé de sobrecarga se selecciona para interrumpir corrientes por debajo de la clasificación de interrupción mínima del fusible. Ya que se usan varios dispositivos para proporcionar protección al motor, es muy importante que estén coordinados adecuadamente. El fabricante del arrancador del motor normalmente establece la clasificación R adecuada de fusible, el relé de sobrecarga y el contactor.



El Centro Paul P. Gubany de la división Bussmann de Eaton, para tecnología de alta potencia, tiene las más completas instalaciones de la industria eléctrica para probar y certificar la SCCR de dispositivos y equipos. Tiene capacidad para realizar pruebas de hasta 600 V, trifásicas y 300 kA de corriente de cortocircuito para cumplir los requisitos de prueba de ANCE, ANSI, CE, CSA, ETL, IEC y UL.

Fusibles de media tensión, Bussmann series

Fusibles con clasificación R para circuitos de motores

- 2.4 kV: 2CLS, 2ACLS, JCK, JCK-A, 2HCLS, 2BCLS — 25 a 450 A
- 4.8 kV: 5CLS, JCL, 5LCLS, JCL-A, 5ACLS, 5HCLS, 5BCLS, 5MCLS — 30 a 800 A
- 7.2 kV: 8CLS, 7CLS, 8ACLS, 7ACLS, 7BCLS — 70 a 800 A
- IR de 50 kA, sim.
- IR de 80 kA, asim.



Los fusibles de media tensión con clasificación R son fusibles con limitación de corriente, de respaldo, que se usan en combinación con motores y controladores de motores de media tensión para garantizar protección contra cortocircuito.

Los fusibles con limitación de corriente pueden ser designados con clasificación R si cumplen los siguientes requisitos:

- El fusible interrumpirá de manera segura todas las corrientes entre su clasificación mínima y su clasificación máxima de interrupción.
- El fusible se fundirá en un tiempo de 15 a 35 segundos al valor de 100 veces el número "R" (ANSI C37.46).

Los fusibles con clasificación R, Bussmann series, ofrecen un alto nivel de interrupción de corriente de falla en un paquete autocontenido, sin descarga, que puede montarse en interiores o dentro de un gabinete.

Los tipos disponibles incluyen: estándar, AMPGARD™ Hookeye, sellado herméticamente y para montaje con tornillo, con indicación de fusible abierto estándar en todos los fusibles (véase hoja de datos núm. 6001).

Fusibles con clasificación E para protección de transformadores y circuitos alimentadores

- 2.75 kV: 2CLE, JCX — 10 a 450 A (véase hoja de datos núm. 10350)
- 5.5 kV: AHLE, BHLE, HCL, 5CLE, 5HLE, JCY, MV055F — 1 a 1,350 A (véase hoja de datos núm. 10351)
- 8.3 kV: 8CLE, 8HLE, 8AHLE, 8BHLE, 8HCL — 10 a 350 A (véase hoja de datos núm. 10352)
- 15.5 kV: 15CLE, 15HLE, 15LHLE, MV155F, 15BHLE, 15HCL — 10 a 300 A (véase hoja de datos núm. 10353).
- 5.5 a 38 kV (dimensionado DIN para desconectadores): 55GDMSJ, 55GFMSJ, 155GQQSJ, 175GDMSJ, 175GFMSJ, 175GXMSJ, 175GXQSJ, 258GDQSJ, 258GXQSJ, 258GXZSJ, 38GFZSJ — 10 a 450 A (véase hoja de datos núm. 10638)
- IR de 25 a 65 kA, depende del número de catálogo.



Los fusibles de media tensión con clasificación E son fusibles con limitación de corriente de propósito general. La clasificación E define la característica de corriente-tiempo de fusión del fusible, y las clasificaciones se usan para permitir el intercambio eléctrico entre diferentes fabricantes. Un fusible con clasificación E de uso general debe satisfacer los siguientes requisitos:

- El elemento sensible a la corriente se fundirá en 300 segundos a una corriente RMS dentro del rango de 200% a 240% de la clasificación de corriente ininterrumpida del fusible (ANSI C37.46).
- El elemento sensible a la corriente por arriba de 100 amperes se fundirá en 600 segundos a una corriente RMS dentro del rango de 220% a 264% de la clasificación de corriente ininterrumpida del fusible (ANSI C37.46).

Los fusibles con clasificación E, Bussmann series, proporcionan la protección principal para circuitos con transformadores, alimentadores y derivados. Son fusibles sin descarga, que deben montarse en interiores o en gabinete. Su capacidad de limitación de corriente reduce la corriente de falla (I^2t) que los componentes del sistema deben soportar.



Fusibles con clasificación E para transformadores pequeños y de potencial

- 2.475 kV: 2NCLPT — 0.25 a 8 A
- 3.6 kV: 3.6ABCNA, 3.6ABWNA, 3.6CAV — 2 a 10 A
- 5.5 kV: JCW, 5CLPT, 5NCLPT, 5.5ABWNA, 5.5AMWNA, 5.5CAV, 5.5CAVH — 0.5 a 15 A
- 7.2 kV: 7.2ABWNA, 7.2ABCNA, 7.2AMWNA, 7.2CAV — 0.5 a 10 A
- 8.3 kV: 8CLPT, CLPT, 8NCLPT — 0.5 a 10 A
- 12 kV: 12ABCNA, 12CAV — 2 a 3.15 A
- 15.5 kV: 15CLPT, 15NCLPT, 15.5CAV, 15.5CAVH — 0.5 a 10 A
- 17.5 kV: 17.5ABGNA, 17.5CAV — 2 a 10 A
- 24 kV: 24ABGNA, 24CAV — 2 a 4 A
- 25.5 kV: 25CLPT — 0.5 a 1 A
- 36 kV: 36ABGNA, 36CAV — 2 a 4 A
- 38 kV: 38CAV, 38CAVH, 38CLPT — 0.5 a 4 A
- IR de 25 a 80 kA, sim., depende del número de catálogo.



Los fusibles de media tensión con clasificación E, de bajo amperaje, generalmente son fusibles con limitación de corriente, de propósito general, definidos por su característica de corriente-tiempo de fusión que les permite su intercambio eléctrico con fusibles que tienen la misma clasificación E. Para que un fusible tenga la clasificación E, su elemento sensible deberá fundirse en 300 segundos a una corriente RMS dentro del rango de 200% a 240% de la clasificación de corriente ininterrumpida del fusible (para fusibles con clasificación 100E o menos) (ANSI C37.46).

Los fusibles con clasificación E de bajo amperaje, Bussmann series, proporcionan la protección principal para transformadores de control, de potencial y de servicio pequeños. Estos fusibles ofrecen un alto grado de interrupción de corriente de falla en un paquete autocontenido, sin descarga, que puede montarse en interiores o dentro de un gabinete (véase hoja de datos núm. 6002).



Fusibles ultrarrápidos

Los fusibles ultrarrápidos frecuentemente son llamados “fusibles semiconductores”, y algunas veces tienen en su etiqueta el símbolo de un diodo. Esto no significa que en su construcción se utilicen diodos. El símbolo aparece ahí para indicar que el fusible se usa principalmente para proteger dispositivos de estado sólido.

En términos generales, los fusibles ultrarrápidos no son fusibles de rango completo. Se aplican para protección contra cortocircuito donde se requiere una respuesta de muy “alta velocidad” a las fallas. Como tal, su selección y especificación adecuadas requieren mayor atención a los detalles de aplicación; sin embargo, sus factores de corrección son demasiados para tratarlos en esta sección. Más información acerca de este tema está disponible en la Guía de aplicaciones de fusibles ultrarrápidos, Bussmann series, publicación núm. 10507.

La protección de equipo de potencia de estado sólido a menudo difiere de manera significativa de la del equipo eléctrico y requiere las características de operación únicas ofrecidas solamente por los fusibles ultrarrápidos. Ya que los diodos de potencia y los rectificadores controlados de silicio (SCR) no pueden soportar corrientes de falla intensas, requieren fusibles con limitación de corriente de ultrafalla. Los circuitos donde se aplican estos fusibles tienen ciertos requisitos que, generalmente, son más estrictos que los requisitos de los típicos sistemas de distribución de energía de CA, 60 ciclos.

Los diodos o SCR de equipos de potencia de estado sólido tienen capacidad relativamente baja para soportar corrientes de falla. Su fina capa de silicio tiene una capacidad térmica transitoria que los hace altamente susceptibles de daño a causa del calor producido por fallas bajas, moderadas y altas, que pueden ocurrir durante un corto periodo de tiempo. Por lo tanto, es necesario restringir la energía de la falla con un fusible ultrarrápido.

La 430.52(C)(5) del NEC admite el uso de fusibles ultrarrápidos para protección de motores

Existen varios criterios que se usan para evaluar el desempeño de los fusibles ultrarrápidos. Entre ellos están la capacidad de limitación de corriente/cortocircuito y la habilidad para interrumpir rápidamente las corrientes CD que se encuentran en rectificadores y actuadores. Desde el punto de vista de diseño, I^2t se usa con mayor frecuencia para evaluar el desempeño de limitación de corriente/cortocircuito. I^2t (amperes al cuadrado, RMS, por segundo) indica el efecto de calentamiento asociado con un pulso de corriente. La hoja de datos de un semiconductor con frecuencia especifica su capacidad de soporte I^2t máx. Si el fusible seleccionado tiene una I^2t de paso libre menor que la clasificación de soporte I^2t del semiconductor, entonces este está protegido.

Los fusibles ultrarrápidos frecuentemente se aplican donde las capacidades de interrupción en CD son esenciales, con algunos fusibles ultrarrápidos diseñados específicamente y probados rigurosamente para tener excelentes características de operación en CD.

Un conocimiento especializado acerca de los tipos de circuitos es fundamental para una aplicación adecuada. Las figuras 47 a 54 muestran circuitos comunes protegidos por fusibles ultrarrápidos.

Circuitos típicos

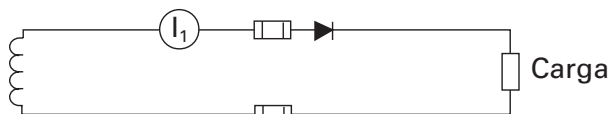


Figura 47. Una fase, media onda

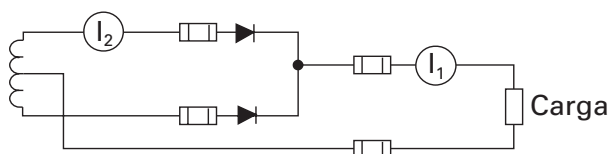


Figura 48. Una fase, onda completa, toma central

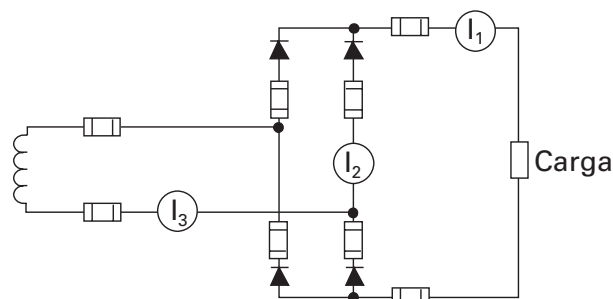


Figura 49. Una fase, onda completa, puente rectificador

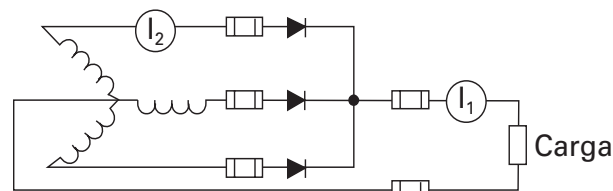


Figura 50. Tres fases, media onda

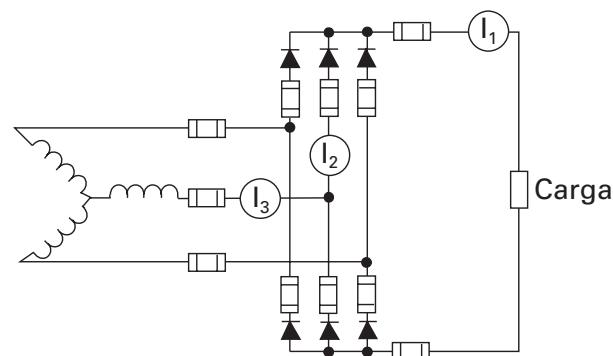


Figura 51. Tres fases, onda completa

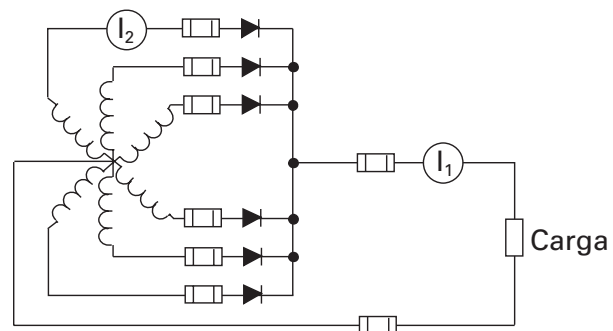


Figura 52. Seis fases, onda única

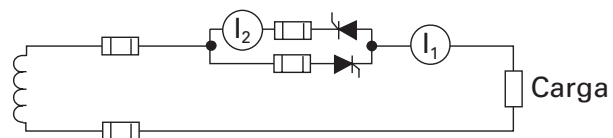


Figura 53. Una fase, en antiparalelo, para control de CA

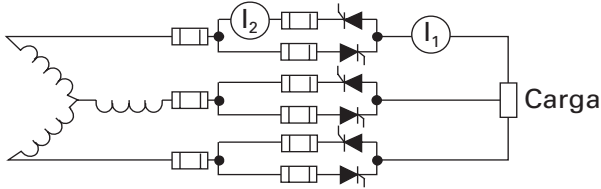
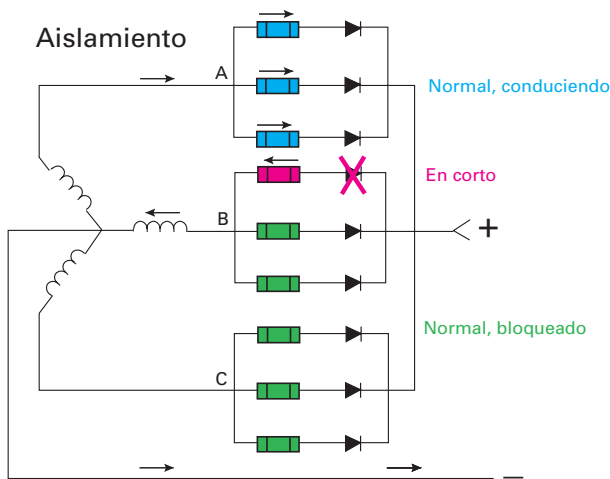


Figura 54. Tres fases, en antiparalelo, para control de CA

No todos los sistemas con diodos o SCR tienen el fusible que proporciona protección total, y se aplican para lograr diversos objetivos de diseño:

1. Evitar la ruptura del dispositivo. El fusible únicamente necesita interrumpir la corriente antes que se destruya el diodo o SCR.
2. Aislar el dispositivo con falla. Usado comúnmente donde solo se utilizan tres o más diodos o SCR por ruta de conducción. Un fusible individual no está diseñado para proteger un dispositivo individual, más bien su objetivo es aislar el diodo o SCR después de un cortocircuito y permitir que el resto del circuito continúe funcionando. Al respecto, el fusible debe ser capaz de proteger los diodos o SCR que están dividiendo la corriente de falla en otra rama del circuito, como se ilustra en la figura 55.



El fusible del diodo en corto de la rama B debe ser capaz de abrir y despejar antes de que se produzca algún daño a los diodos en la rama A.

Figura 55. Los fusibles ultrarrápidos pueden aplicarse para aislar las rutas del circuito con falla y permitir el funcionamiento del resto de los dispositivos.

3. Proteger el dispositivo (de fallas). En este caso, el fusible se aplica para proteger al diodo o SCR contra fallas externas al SCR o diodo. Normalmente, el fusible se selecciona para entregar corriente de paso libre mucho más baja que la requerida por los objetivos de diseño 1 y 2 mencionados.

Fusibles ultrarrápidos, Bussmann series

CHSF — Fusible UL, compacto, ultrarrápido

CHSF

- 50 a 400 A
- 500 V_{CA/CD}
- IR de 200 kA
- Operación Clase aR, Reconocido UL, guía JFHR2, archivo E56412; Componente Aceptado CSA, Clase 1422-30, archivo 53787; IEC aR (autocertificado); cumple la norma RoHS; CE.



Los fusibles ultrarrápidos, compactos, Bussmann series, tienen tamaños de cuerpo de fusible que ahorra espacio para proteger a los dispositivos semiconductores, a la vez que proporcionan óptimo desempeño de ciclado de corriente para ayudar a soportar aplicaciones especialmente demandantes.

Los fusibles CHSF requieren hasta 48% menos espacio para ayudar a reducir el tamaño total del ensamble. Su innovador diseño permite tamaños de fusible significativamente menores sin afectar su desempeño en relación al incremento de calor, evitando el rediseño generalizado del equipo.

Su diseño de instalación con tornillos tiene la flexibilidad para instalarse en bloques de fusibles o montarse directamente en barras alimentadoras, para satisfacer las especificaciones JASO D622 de choque térmico, humedad y vibración (véase hoja de datos núm. 10414).

DFJ — Fusibles UL, ultrarrápidos, Clase J, de rango completo

- 1 a 600 A
- 600 V_{CA} / 450 V_{CD}
- IR
 - 200 kA, RMS, sim.
 - 100 kA, CD
- Operación Clase aR, Listado UL, UL 248-8, Clase J, guía JDDZ, archivo E4273; Certificado CSA, C22-2 núm. 248.8, Clase 1422-02, archivo 53787



Los fusibles UL, Clase J, ultrarrápidos, con limitación de corriente, proporcionan la máxima protección para actuadores y controladores de CA y CD.

El fusible UL, Clase J, DFJ tiene la más baja I²t de cualquier fusible de circuito derivado, para protección de dispositivos semiconductores de potencia que utilizan diodos, GTO, SCR y SSR.

El fusible DFJ combina el desempeño de los fusibles ultrarrápidos en un paquete para circuito derivado, Clase J, de rango completo, que permite el uso de interruptores, portafusibles y bloques de fusibles, Clase J, disponibles fácilmente. El fusible DFJ usa bloques de fusibles y portafusibles estándar, Clase J (véase hoja de datos núm. 1048).

Fusibles norma británica (BS88)

CT, ET, EET, FE, FEE, FM, FMM, LCT, LET, LMT, LMMT, MT, MMT

- 6 a 900 A
- 240 a 690 V
- IR de 200 kA en CA
- Reconocido UL
- Diseñado y probado para BS88: Parte 4; IEC 60269: Parte 4



Amplia gama de fusibles semiconductores norma británica que emplean innovadoras técnicas de extinción de arco eléctrico y materiales de alta calidad para ofrecer:

- Mínima energía de paso libre (I^2t)
- Excelente desempeño en CD
- Buenas características de soporte de corrientes de arranque

Los fusibles norma británica se encuentran en equipos fabricados en el Reino Unido o en los países de la Mancomunidad británica. Los fabricantes en Estados Unidos han empezado a especificar fusibles BS88, particularmente en aplicaciones UPS a 240 V o menos, para aprovechar los beneficios de su tamaño, desempeño y costo.

Consulte el catálogo 1007 de la línea completa de productos Bussmann series para conocer toda la gama de productos.

Fusibles de casquillo

FWA, FWX, FWH, FWC, FWP, FWK, FWJ, FWL, FWS

- 1 a 100 A
- 150 a 2,000 V
- IR de 200 kA en CA
- Reconocido UL
- Diseñado y probado para IEC 60269: Parte 4



La línea completa de fusibles ultrarrápidos, tipo casquillo (cilíndricos y para montaje en clip), Bussmann series, está diseñada y probada para cumplir los estándares y requisitos en diferentes lugares alrededor del mundo. Su diseño y construcción únicos proporcionan:

- Excelente ciclado
- Baja energía de paso libre (I^2t)

Los fusibles ultrarrápidos tipo casquillo representan una excelente solución para pequeñas UPS, pequeños actuadores en CA y otras aplicaciones de baja energía donde el espacio es valioso.

Consulte el catálogo 1007 de la línea completa de productos Bussmann series para conocer toda la gama de productos.

Fusibles de cuerpo cuadrado

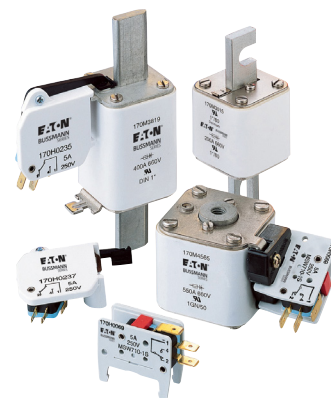
170M

- 10 a 7,500 A
- 690 a 1,300 V
- IR de 200 kA en CA
- Reconocido UL
- Diseñados y probados para IEC 60269: Parte 4

Gama completa de accesorios y fusibles ultrarrápidos de cuerpo cuadrado para aplicaciones de alta potencia que requieren un diseño compacto con óptimo desempeño. Las opciones de terminales incluyen:

- DIN 43 653
- DIN 43 620
- Para pernos roscados (sistema métrico/sistema inglés)
- Tipo francés
- Tipo americano

Consulte el catálogo 1007 de la línea completa de productos Bussmann series para conocer toda la gama de productos.



Fusibles tipo americano

FWA, FWH, FWJ, FWP, FWX, KAC, KBC

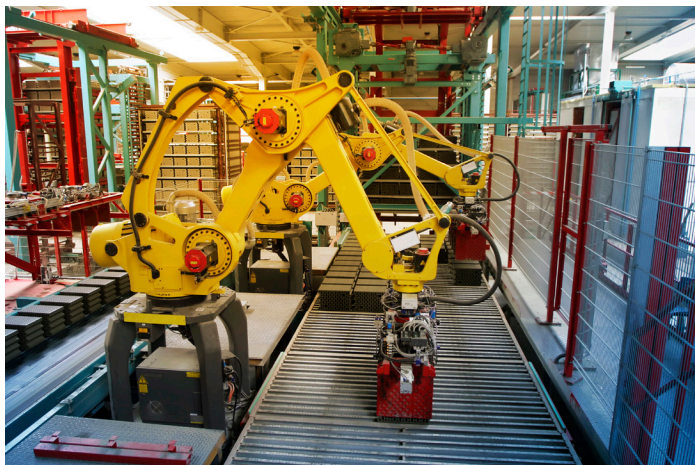
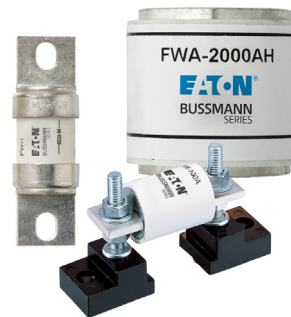
- 1 a 4,000 A
- 130 a 1,000 V
- IR de 200 kA en CA
- Reconocido UL

Los fusibles ultrarrápidos, tipo americano, Bussmann series, cuentan con una gama completa de cuchillas y terminales al ras, y accesorios diseñados para proporcionar:

- Baja energía de paso libre (I^2t)
- Baja pérdida de potencia eléctrica
- Excelente capacidad de ciclado
- Baja tensión de arco eléctrico
- Excelente desempeño en CD

Aunque no se han publicado estándares acerca de estos fusibles para aplicaciones de media potencia, la industria ha estandarizado centrales de montaje que aceptan fusibles Bussmann series.

Consulte el catálogo 1007 de la línea completa de productos Bussmann series para conocer toda la gama de productos.



Fusibles fotovoltaicos (PV)

A diferencia de un sistema CA conectado a la red, la corriente de falla disponible dentro de un sistema PV es limitada, requiriendo que el OCPD opere de manera eficaz al más alto voltaje de CD y a bajas corrientes de falla. Por esta razón se diseñaron fusibles específicos para sistemas PV.

La International Electrotechnical Commission y los Underwriters Laboratories admiten que la protección para sistemas PV es diferente y esto se refleja en la IEC 60269-6 (gPV) y la UL 248-19 con OCPV fotovoltaicos para protección de cadenas y conjuntos específicamente diseñados para satisfacer los siguientes estándares:

- Totalmente probados para los requerimientos del IEC 60269-6 y exceden los requisitos de operación a $1.45 \times I_n$ (1.45 veces la corriente nominal).
- Cumplen los requisitos de UL 248-19, que son muy similares a los estándares IEC excepto que funcionan a $1.35 \times I_n$ (1.35 veces la corriente nominal).

Estas clasificaciones IEC y UL no reflejan una clasificación de servicio ininterrumpido. La clasificación de servicio asignada se reduce conforme aumenta la temperatura ambiente. Para asegurar la longevidad de los fusibles PV, no deben someterse a corrientes ininterrumpidas de más de 80% de las clasificaciones asignadas por IEC y UL.

Tendencias de los sistemas fotovoltaicos

Como en cualquier sistema eléctrico, los principales objetivos en un sistema fotovoltaico son la eficiencia y la economía. Para lograr esto, se requiere:

- Usar componentes del sistema y conductores más pequeños y menos costosos.
- Simplificar el diseño del sistema (por ejemplo, portafusibles en línea que combinan fusible y portafusible en un solo ensamble).
- Funcionar a las tensiones más altas del sistema.

Adicionalmente, la protección del circuito entra en juego en el balance de los componentes del sistema desde el lado de CD (corriente directa) (conjuntos, combinadores, recombinadores e inversores, donde son necesarios fusibles ultrarrápidos), hasta el lado de CA (corriente alterna) y, finalmente, conectarse al sistema eléctrico del edificio o a la red.

Para mayor información sobre la selección y dimensionamiento de fusibles PV, véase la Guía de aplicación para protección de circuitos solares, publicación núm. 10191.

Fusibles fotovoltaicos, Bussmann series

Fusibles PVM miniatura (midget), 600 V_{CD}, 13/32" x 1-1/2"

Gama de fusibles miniatura, UL 248-19, de acción rápida, 600 V_{CD}, 13/32" x 1-1/2" (10 x 38 mm), diseñados específicamente para proteger sistemas de energía solares a temperatura ambiente extrema, alto ciclado y bajo nivel de corriente de falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples) (véase hoja de datos núm. 2153).



Clasificaciones

- 600 V_{CD}
- 4 a 30 A
- IR de 50 kA en CD (4 a 30 A)

Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-19, guía JFGA, archivo E335324; Componente Certificado CSA, C22.2; cumple la norma RoHS.

Fusibles PVS-R, Clase RK5, 600 V_{CA/CD}

Gama de fusibles Clase RK5, UL 248-19, de acción rápida, 600 V_{CD}, diseñados específicamente para proteger sistemas fotovoltaicos de energía solar en temperaturas ambiente extremas, alto ciclado y bajos niveles de corriente de falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples) (véase hoja de datos núm. 4203).

Clasificaciones

- Voltaje
 - 600 V_{CA} para UL 248-12 y 600 V_{CD} para UL 248-19
- 20 a 400 A
- IR
 - 200 kA, RMS, sim., en CA
 - 20 kA en CD (20 a 60 A)
 - 10 kA en CD (70 a 400 A)

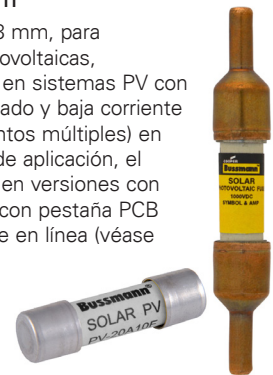


Información de la agencia certificadora

- Listado UL, UL 248-12, Clase RK5, guía JFGA, archivo E335324. Fotovoltaico para UL 248-19; Componente Certificado CSA, C22.2

Fusibles PV, 1,000 V_{CD}, 10 x 38 mm

Rango de fusibles PV, 1,000 V_{CD}, 10 x 38 mm, para protección y aislamiento de cadenas fotovoltaicas, diseñados específicamente para usarse en sistemas PV con temperatura ambiente extrema, alto ciclado y baja corriente de falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples) en conjuntos de cadenas. Para flexibilidad de aplicación, el fusible PV, 10 x 38 mm, está disponible en versiones con fusible cilíndrico o montaje con tornillo, con pestaña PCB sencilla o doble, y terminales de engaste en línea (véase hoja de datos núm. 10121).



Clasificaciones

- 1,000 V_{CD}
- 1 a 20 A
- IR de 50 kA

Terminales y conductores

- Conexión de engaste para cable PV sencillo, 75 °C/ 90 °C, cobre trenzado, calibre 12-8 AWG

Información de la agencia certificadora

- Listado UL para UL 248-19†, guía JFGA, archivo E335324; IEC 60269-6 (gPV); CSA archivo 53787, Clase 1422-30 (1-15 A), pendiente 20 A; CCC (1-20 A); cumple la norma RoHS.
- † Reconocido UL para UL 248-19, guía JFGA2, archivo E335324, excepto versión con terminales de engaste. .



Ensamble de fusible PV en línea, HPV, 1,000 V_{CD}

Ensamble de fusible y portafusible en línea, fotovoltaico, sin mantenimiento, de un polo, dentro de una cubierta aislante, sumergible, hermética al polvo, IP67, para usarse en arneses de cable PV (véase hoja de datos núm. 2157).

Clasificaciones

- 1,000 V_{CD}
- 1 a 20 A
- IR de 33 kA



Información de la agencia certificadora

- Listado UL para 4248-1 y 4248-19, archivo E348242; Componente Aceptado CSA, Clase 6225 30, archivo 47235, sumergible IP67; cumple la norma RoHS; CE.

Fusibles PV, 1,000/1,100 V_{CD}, 14 x 51 mm

Rango de fusibles PV, 14 x 51 mm, diseñados específicamente para proteger y aislar cadenas fotovoltaicas. Estos fusibles son capaces de interrumpir las bajas sobrecorrientes asociadas con los sistemas PV con falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples) (véase hoja de datos núm. 720132).

Clasificaciones

- Voltaje
 - 1,000 V_{CD} (25 y 32 A)
 - 1,100 V_{CD} (15 y 20 A)
- 15 a 32 A
- IR de 10 kA



Información de la agencia certificadora

- Listado UL, guía JFGA, archivo E335324. Fotovoltaico para UL 248-19; IEC 60269-6 gPV; CSA pendiente; CCC pendiente; cumple la norma RoHS.

Fusibles NH, 1,000 V_{CD}, de cuchillas e instalación con tornillos

Rango de fusibles PV, tamaño NH, 1,000 V_{CD}, diseñados específicamente para proteger y aislar conjuntos de combinadores/recombinadores, desconectadores e inversores (véase hoja de datos núm. 720133).

Clasificaciones

- 1,000 V_{CD}
- 32 a 400 A
- IR de 50 kA



Información de la agencia certificadora

- Listado UL, guía JFGA, archivo E335324. Fotovoltaico para UL 248-19; IEC 60269-6 gPV; CSA Clase 1422-30, archivo 53787 (32 a 160 A), Listado UL; IEC gPV; CSA y CCC pendientes; cumple la norma RoHS.

Fusibles PV, 1,500 V_{CD}, 10 x 85 mm

Rango de fusibles PV, 10 x 85 mm, diseñados específicamente para proteger y aislar cadenas fotovoltaicas. Estos fusibles tienen la capacidad de interrumpir las bajas sobrecorrientes asociadas con los sistemas PV con falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples). También están disponibles con terminales de engaste (véase hoja de datos núm. 10658).

Clasificaciones

- 1,500 V_{CD}
- 2.25 a 25 A
- IR de 30 kA, 1 ms

Información de la agencia certificadora

- UL 248-19; IEC 60269; cumple la norma RoHS.



Fusible PV15M-4A-CT, 1,500 V_{CD}, en línea, con terminales de engaste

El PV15M-4A-CT, Bussmann series, es un fusible fotovoltaico en línea con terminales de engaste, 1,500 V_{CD}, para usarse en arneses de cables y otras aplicaciones donde se prefiere un fusible PV en línea. Este fusible en línea puede aislarse eléctricamente con sobremoldeo realizado por el usuario o mediante un disipador de calor aprobado (véase hoja de datos núm. 10639).

Clasificaciones

- 1,500 V_{CD}
- 4 A
- IR de 15 kA en CD
- Constante de tiempo de 1 a 3 ms

Información de la agencia certificadora

- Reconocido UL, UL 248-19, archivo E484317, Vol. 1, Secc.1; CSA pendiente; cumple la norma RoHS.



Fusibles PV, XL, 1,000 V_{CD} y 1,500 V_{CD}

Rango de fusibles PV, tamaño XL, diseñados para proteger y aislar conjuntos de combinadores y desconectadores fotovoltaicos. Estos fusibles tienen capacidad para interrumpir las bajas sobrecorrientes asociadas con sistemas PV con falla (corriente inversa, falla en conjuntos múltiples). Están disponibles microinterruptores, opcionales, para usar en sistemas de monitoreo (véase hoja de datos núm. 10201).

Clasificaciones

- Voltaje
 - 1,000 V_{CD} (60 a 630 A)
 - 1,500 V_{CD} (50 a 400 A)
- Amperes
 - 63 a 630 A (1,000 V_{CD})
 - 50 a 400 A (1,500 V_{CD})
- IR
 - 50 kA (1,000 V_{CD}, 63 a 160 A, 01XL, y 350 a 630 A, 3L)
 - 30 kA (1,000 V_{CD}, 200 A, 1XL; 160 a 355 A, 2XL)
 - 30 kA (1,500 V_{CD}, 50 a 160 A, 01XL; 100 a 200 A, 1XL; 125 a 250 A, 2XL; 250 a 400 A, 3L)



Información de la agencia certificadora

- UL 248-19, guía JFGA, archivo E335324; IEC 60269-6 gPV; CSA Clase 1422-30, archivo 53787; cumple la norma RoHS.

Glosario. Terminología eléctrica más común

Ampere. Medida de la intensidad del flujo de electrones en un circuito eléctrico. Un ampere es la cantidad de corriente que fluirá a través de una resistencia de 1 ohm bajo una diferencia de potencial de 1 volt.

Clasificación de corriente. Capacidad de transporte de corriente de un fusible. Cuando un fusible está sometido a una corriente mayor que su clasificación de corriente, abrirá el circuito después de un tiempo predeterminado.

Ampere al cuadrado por segundo, I²t. Medida de la energía térmica generada en un circuito durante la operación de interrupción del fusible. Puede expresarse como "I²t de fusión", "I²t de arco eléctrico", o la suma de ambas como "I²t de interrupción". En donde **I** representa la corriente de paso libre efectiva (RMS), elevada al cuadrado, y **t** es el tiempo de apertura, en segundos.

Tiempo de arco eléctrico. Tiempo que transcurre desde el instante en que se funde el elemento del fusible hasta que la sobrecorriente es interrumpida totalmente.

Capacidad de interrupción. Ver clasificación de interrupción.

Fusible cartucho. Fusible que consiste de un elemento sensible a la corriente dentro del tubo del fusible, con terminales en ambos extremos.

Fusible Clase CC. Fusibles para circuitos derivados, 600 volts y clasificación de interrupción de 200 kA, con dimensiones generales de 13/32" x 1-1/2". Su diseño incluye características de rechazo, que le permiten ser insertado en bloques de fusibles y portafusibles con rechazo, pero impiden la instalación de todo fusible de menor voltaje, menor clasificación de interrupción y de 13-32" x 1-1/2". Están disponibles para corrientes de 1/10 a 30 A.

Fusible Clase CF. Fusibles para circuitos derivados, Listados UL, con protección para los dedos. Disponibles en versiones con retardo de tiempo o de acción rápida; los fusibles Clase CF tienen un desempeño eléctrico de fusibles Clase J y están disponibles en clasificaciones de 1 a 100 A, en tamaños de 30, 60 y 100 A.

Fusible Clase G. Fusibles para circuitos derivados, con características de rechazo por tamaño, clasificaciones de 1/2 a 20 A (600 V_{CA}) y de 25 a 60 A (48 V_{CA}), y clasificación de interrupción de 100 kA. La característica de rechazo por tamaño ayuda a eliminar el sobredimensionamiento. El diámetro del fusible es de 13/32" y su longitud varía de 1-5/16" a 2-1/4".

Fusible Clase H. Fusibles para circuitos derivados de 250 V y 600 V, y clasificación de interrupción de 10 kA, que pueden o no ser renovables. Están disponibles en clasificaciones de 70 a 600 A.

Fusible Clase J. Estos fusibles, con características de rechazo, están clasificados para interrumpir un mínimo de 200 kA en CA. Están etiquetados "con limitación de corriente," clasificados para 600 V_{CA} y no son intercambiables con otras clases de fusibles. Están disponibles de 1 a 600 A.

Fusible Clase K. Fusibles listados como K-1, K-5 o K-9. Cada subclase tiene determinadas su I²t e I_p máximas. Tienen las mismas dimensiones que los fusibles Clase CH, con clasificaciones de interrupción de 50 kA, 100 kA o 200 kA. Aunque estos fusibles tienen limitación de corriente, no se señala en su etiqueta, ya que no tienen características de rechazo.

Fusible Clase L. Estos fusibles están clasificados de 601 a 6,000 A y pueden interrumpir un mínimo de 200 kA en CA. Están etiquetados "con limitación de corriente" y clasificados para 600 V_{CA}. Están diseñados para atornillarse en sus montajes y normalmente no se usan con clips para fusibles. Algunos fusibles Clase L tienen características de retardo de tiempo y son de uso general.

Fusible Clase R. Son fusibles de alto desempeño con clasificaciones de 1/10 a 600 A, en 250 V y 600 V. Todos están marcados con "limitación de corriente" en su etiqueta y tienen una clasificación de interrupción mínima de 200 kA. Tienen dimensiones generales idénticas a los fusibles Clase H, pero cuentan con clasificación de rechazo que evita que el usuario instale un fusible de menor capacidad (capacidad de interrupción más baja) cuando se usan con clips especiales Clase R. Los fusibles Clase R caben en clips con o sin rechazo.

Fusible Clase T. Fusibles de clase industrial, 300 V y 600 V, con clasificaciones de 1 a 1,200 A (300 V) y de 1 a 800 A (600 V). Son muy pequeños físicamente y pueden ser aplicados en donde el espacio es muy apreciado. Son fusibles de acción rápida, con clasificación de interrupción de 200 kA, RMS.

Clases de fusibles. La industria ha desarrollado especificaciones físicas básicas y requisitos de desempeño eléctrico para fusibles con clasificaciones de voltaje de 600 V o menos, que son conocidos como estándares. Si un tipo de fusible cumple los requisitos de un estándar, puede clasificarse en esa clase. Las clases de fusibles para circuitos derivados UL son CC, CF, G, H, J, K, L, RK1, RK5 y T.

Tiempo de interrupción. Tiempo total entre el inicio de la sobrecorriente y la apertura final del circuito, a voltaje nominal, por un dispositivo de protección contra sobrecorriente. El tiempo de despeje es la suma del tiempo de fusión más el tiempo que dura el arco eléctrico.

Limitación de corriente. Operación de un fusible en relación a cortocircuitos únicamente. Cuando un fusible opera en su rango de limitación de corriente, despejará un cortocircuito en menos de 1/2 ciclo. Además, limitará la corriente instantánea pico de paso libre a un valor mucho menor al que se obtiene en el mismo circuito si ese fusible fuera reemplazado por un conductor sólido de igual impedancia.

Fusible de doble elemento. Fusible con diseño especial que utiliza dos elementos individuales en serie dentro del tubo del fusible. Un elemento, el ensamble del disparador activado por resorte, opera en sobrecargas de 5 a 6 veces la clasificación de corriente del fusible. El otro elemento, la parte de cortocircuito, opera en cortocircuitos de hasta su clasificación de interrupción.

Carga eléctrica. La parte de un sistema eléctrico que realmente usa la energía o realiza el trabajo requerido.

Fusible de acción rápida. Fusible que se abre muy rápidamente en una situación de sobrecarga o cortocircuito. Este tipo de fusible no está diseñado para soportar las corrientes de sobrecarga temporales asociadas con algunas cargas eléctricas cuando se dimensiona a un valor cercano a la corriente total del circuito.

Corriente de falla. Las corrientes de falla pueden ser corrientes de cortocircuito, corrientes de falla a tierra o corrientes por falla de arco eléctrico.

Fusible. Dispositivo de protección contra sobrecorriente con un elemento fundible que opera y abre el circuito en una condición de sobrecorriente.

Fusible ultrarrápido. Fusible sin retardo de tiempo intencional en el rango de sobrecarga, diseñado para abrirse tan pronto como sea posible en el rango de cortocircuito. Estos fusibles frecuentemente se usan para proteger dispositivos de estado sólido.

Carga inductiva. Carga eléctrica que demanda una gran cantidad de corriente (corriente de arranque) al ser energizada. Después de algunos ciclos o segundos, la corriente se "normaliza" a la corriente de funcionamiento a carga completa.

Clasificación de interrupción. Clasificación que define la capacidad de un fusible para interrumpir y despejar cortocircuitos de manera segura. Esta clasificación es mucho mayor que la clasificación de amperes del fusible. El código NEC define clasificación de interrupción como "la corriente más alta a voltaje nominal a la que está diseñado un dispositivo de protección contra sobrecorriente para interrumpir bajo condiciones de prueba estándar".

Tiempo de fusión. Cantidad de tiempo requerida para fundir el elemento del fusible durante una sobrecorriente determinada (véase tiempo de arco eléctrico y tiempo de interrupción).

Dimensiones "NEC". Son dimensiones mencionadas en el código NEC. Son comunes para fusibles clases H y K, y ofrecen intercambiabilidad entre fabricantes para fusibles y equipos con fusibles de clasificaciones de amperes y voltaje dadas.

Ohm. Unidad de medida de la resistencia eléctrica. Un ohm es la cantidad de resistencia que permitirá que 1 ampere fluya bajo una diferencia de potencial de 1 volt.

Ley de Ohm. Relación entre voltaje, corriente y resistencia, expresada por la ecuación $E = IR$, donde **E** es el voltaje en volts, **I** es la corriente en amperes y **R** es la resistencia en ohms.

Fusible one time. Término genérico empleado para describir un fusible cartucho no renovable Clase H, de un solo elemento.

Sobrecorriente. Cualquier corriente que sobrepasa la corriente nominal del equipo o la ampacidad de un conductor. Puede ser el resultado de sobrecarga, cortocircuito o falla a tierra (NEC, artículo 100).

Sobrecarga. Operación de un equipo que sobrepasa la clasificación de carga total, normal, o de un conductor que sobrepasa la ampacidad que, cuando persiste por un tiempo suficiente, podría causar daño o sobrecalentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no se consideran una sobrecarga (NEC, artículo 100).

Corriente pico de paso libre, I_p . Es el valor instantáneo de la corriente pico que deja pasar un fusible con limitación de corriente cuando opera en su rango de limitación de corriente.

Fusible renovable (600 V y menos). Fusible en el que el elemento, comúnmente un eslabón de zinc, puede ser reemplazado después que el fusible se ha abierto, de tal manera que el fusible pueda ser reutilizado. Los fusibles renovables están fabricados bajo la norma de Clase H.

Carga resistiva. Carga eléctrica que se caracteriza por no tener corriente de arranque significativa. Cuando una carga resistiva es energizada, la corriente alcanza instantáneamente su valor de estado estable, sin subir previamente a un valor más alto.

Corriente RMS. El valor RMS (valor cuadrático medio) de cualquier corriente cíclica es igual al valor de la corriente directa que, fluyendo a través de una resistencia, produce el mismo efecto térmico en la resistencia que la corriente cíclica.

Fusible semiconductor. Fusible usado para proteger dispositivos de estado sólido. Véase "Fusible ultrarrápido".

Cortocircuito. Puede clasificarse como una sobrecorriente que sobrepasa muchas veces (decenas, cientos, miles) la corriente de carga total, normal, de un circuito. Otra característica de este tipo de sobrecorriente es que abandona la ruta normal del circuito: toma un "atajo" alrededor de la carga y regresa a la fuente.

Clasificación de corriente de cortocircuito (SCCR). Este término se aplica a componentes (dispositivos simples) y ensamblajes (equipos). Para el componente, representa la máxima corriente de falla que puede sostener sin la aparición de daño excesivo. Para el equipo, es la clasificación del ensamble y está limitada generalmente por la más baja SCCR del componente en el circuito, según lo establece un método aprobado como la norma UL 508A, Suplemento SB.

Soporte de cortocircuito. Corriente máxima que un componente eléctrico sin protección puede sostener durante un tiempo determinado sin la aparición de daño extensivo. Comúnmente se aplica a dispositivos o componentes que no tienen señalada una clasificación de corriente de cortocircuito, como conductores, interruptores de transferencia o dispositivos semiconductores.

Falla de una fase. Circunstancia que ocurre cuando se abre una fase de un sistema trifásico, ya sea en un sistema de distribución de baja tensión (secundario) o de alta tensión (primario). La falla de una fase en el primario o en el secundario puede ser provocada por diversas causas; da como resultado corrientes desbalanceadas en motores polifásicos y, a menos que se tomen las medidas de precaución correspondientes, puede causar sobrecalentamiento y fallas.

Corriente de umbral. Corriente disponible RMS (valor cuadrático medio), simétrica, en el umbral del rango de limitación de corriente, donde el fusible inicia la limitación de corriente cuando es probado bajo un estándar industrial. Este valor puede ser encontrado en una gráfica de pico, de paso libre, donde la curva del fusible interseca la línea A-B. La relación de umbral es la relación de la corriente de umbral a la clasificación de corriente ininterrumpida del fusible.

Fusible con retardo de tiempo. Fusible con un retardo de tiempo incorporado que deja pasar, sin abrirse, corrientes de arranque temporales e inofensivas, pero también está diseñado para abrirse en condiciones de cortocircuito y sobrecarga sostenidas.

Clasificación de voltaje. Voltaje máximo a circuito abierto en el que puede ser usado un fusible, pero que interrumpe de manera segura una sobrecorriente. Sobrepasar la clasificación de voltaje de un fusible afecta su capacidad para interrumpir de manera segura una sobrecarga o cortocircuito.



Resumen. El poder de los fusibles con limitación de corriente

Las más altas clasificaciones de interrupción, hasta 300 kA

- Ofrecen flexibilidad para usarse en sistemas con corrientes de falla disponibles de hasta 300 kA sin preocupación de aplicaciones incorrectas.
- Representan una solución sin problemas en caso de cambios en el sistema eléctrico (reubicación del transformador o equipo de servicio) que generan corriente de falla disponible más alta.
- Ahorran tiempo al eliminar la necesidad de estudios de corriente de falla cuando se usan con fusibles Low-Peak con IR de 300 kA.
- Mejoran el cumplimiento del NEC, sección 110.9 y eliminan la posibilidad de aplicación incorrecta.
- Ayudan a lograr altas SCCR del equipo ya que los fusibles no son el factor limitante.
- Brindan tranquilidad ya que la clasificación de interrupción del fusible es siempre al menos igual, o en muchos casos mayor, que la corriente de falla disponible en las terminales de la línea.

Limitación de corriente

- Mejora la seguridad en el lugar de trabajo al reducir la energía incidente y los riesgos de arco eléctrico a los que puede estar expuesto el personal bajo condiciones de falla.
- Protege a componentes y equipo de fuerzas térmicas y mecánicas extremas asociadas con una falla.
- Ayuda a cumplir el NEC, sección 110.10, protegiendo a componentes y equipo contra daños importantes por corriente de falla, cuando son dimensionados adecuadamente.
- Ayuda a lograr altas clasificaciones de corriente de cortocircuito del equipo al reducir de forma drástica la corriente pico pasante.
- La protección Tipo 2 "Sin daño" (en lugar de Tipo 1), con fusibles dimensionados adecuadamente, reduce el tiempo fuera de servicio y mejora la protección del sistema.

Rechazo físico

- Ofrece un sistema confiable y seguro al garantizar la instalación de fusibles de la misma clase, con las mismas clasificaciones de voltaje e interrupción.
- Reduce el riesgo de que fusibles con diferentes características de funcionamiento y menor clasificación de interrupción puedan ser instalados y poner en riesgo el nivel de protección.

Diseño sellado, sin descarga

- Los fusibles no ventilan, así que eliminan la ventilación, inherente a algunos OCPD mecánicos, que podría causar daño innecesario a otros componentes del sistema.
- Reduce costos al eliminar la necesidad de guardas o barreras adicionales del sistema para protección contra descarga.

Diseño sellado, fijo y térmico

- Integridad mejorada de protección contra falla al no depender de resortes, palancas o cerrojos para abrir el circuito.
- Costos de operación reducidos al eliminar la necesidad de mantenimiento o recalibración de los dispositivos.
- Reduce al mínimo la posibilidad de aplicación incorrecta al eliminar la necesidad de ajustar y cambiar en campo la configuración de los dispositivos.

Reemplazos calibrados en fábrica

- Mejoran la confiabilidad del sistema durante toda su vida al garantizar que, después de una falla, se instala el mismo nivel de protección.
- Se mantiene la integridad del sistema ya que los fusibles de reemplazo utilizan las mejoras en diseño y desempeño más recientes.
- Ayudan a cumplir con la OSHA 1910.334(b)2 al eliminar la petición a algún operador para restablecer un dispositivo después de ocurrir una falla sin determinar y corregir previamente su causa (la legislación federal prohíbe restablecer interruptores automáticos o reemplazar fusibles en un circuito sin investigar y corregir previamente la causa).

Clasificación directa de voltaje

- Los fusibles con clasificación directa de voltaje ofrecen flexibilidad en cualquier sistema, independientemente del tipo de conexión a tierra (un OCPD con doble clasificación de voltaje está limitado a instalarse SOLAMENTE en sistemas Estrella sólidamente conectados a tierra).

Diseños con protección para los dedos

- Incrementan la seguridad del sistema y del personal al utilizar la tecnología más reciente con protección para dedos, que abarca bloques de fusibles, portafusibles, desconectores y bloques de fusibles con distribución de energía.
- De especial interés es el fusible CUBEFuse, Bussmann series, con protección para los dedos, que se usa con el interruptor protector compacto de circuito (CCP), Bussmann series, patentado, Listado UL 98, que juntos constituyen un interruptor con fusibles con protección de dedos, clasificado en caballos de fuerza, que puede usarse en circuitos derivados.



Una imagen habitual por muchas generaciones, este paquete de fusibles BUSS muestra orgullosamente el eslogan "Válvula de Seguridad de Electricidad".

Asistencia comercial

Disponible para resolver sus dudas sobre productos y servicios Bussmann series.

De lunes a viernes de 8:00 a 18:00 h, hora del Centro de México.

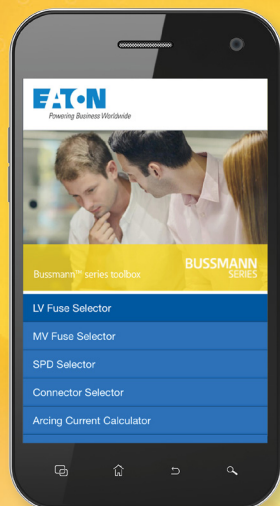
- Lada sin costo
01800-8-FUSEMX (387369)
- Conmutador
+52 1 55 5804-8200

Ingeniería de aplicación

El servicio de soporte técnico está disponible para todos los clientes. Es atendido por ingenieros calificados, quienes le proporcionarán soporte técnico y de aplicaciones.

De lunes a viernes de 8:00 a 18:00 h, hora del Centro de México.

- Lada sin costo
01800-8-FUSEMX (387369)
- E-mail:
ventasbussmannmexico@eaton.com



Caja de herramientas Bussmann series

Todas las herramientas que necesita, en la palma de su mano.

- > Calculadora de corriente de falla disponible, FC²
- > Calculadora de corriente de arco
- > Selector de fusibles de baja tensión
- > Selector de fusibles de media tensión
- > Selector de protección para motores
- > Selector de dispositivos de protección contra sobretensiones
- > Selector de conectores
- > Referencia cruzada contra la competencia
- > Localizador de distribuidores
- > Suite de protección SCCR
- > OSCAR™, versión 2.1, software de cumplimiento en línea
- > Diseñador de coordinación selectiva v1.0
- > Búsqueda de productos con cumplimiento RoHS

<http://toolbox.bussmann.com>

Eaton

1000 Eaton Boulevard
Cleveland, OH 44122
United States
Eaton.com

División Bussmann
Poniente 148 #933
Ciudad de México, 02300
México
Eaton.com/bussmannseries

© 2017 Eaton
Todos los derechos reservados
Impreso en México
Publicación núm. 10783
Marzo, 2018

Eaton, Bussmann, Low-Peak, CUBEFuse, Fusetron, Limitron, Quik-Spec y AMPGARD son marcas comerciales de Eaton, reconocidas en Estados Unidos y otros países. No se autoriza el uso de dichas marcas comerciales de Eaton sin la autorización previa, por escrito, de Eaton.

NEC es una marca comercial registrada de National Fire Protection Association, Inc.

NFPA es una marca comercial registrada de National Fire Protection Association, Inc.

UL es una marca comercial registrada de Underwriters Laboratories, Inc.

Para información de productos Bussmann series, llame al **01800-8-FUSEMX (387369)**, o entre a: **Eaton.com/bussmannseries**

Síganos en nuestras redes sociales para obtener la información más reciente de productos y soporte.



Powering Business Worldwide