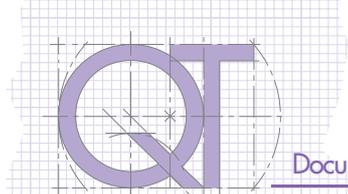


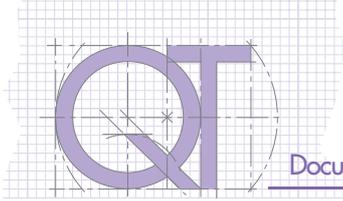
Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 5  
Interruptores ABB  
para aplicaciones en corriente continua



# Interruptores automáticos ABB para aplicaciones de corriente continua

## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	2	<b>7</b>	<b>Elección del dispositivo protector</b> .....	20
<b>2</b>	<b>Cuestiones generales acerca de la corriente continua</b> .....	3	<b>8</b>	<b>Uso de equipamiento de corriente alterna en corriente continua</b> .....	
<b>3</b>	<b>Aplicaciones</b> .....		<b>8.1</b>	Variación del campo magnético .....	31
<b>3.1</b>	Conversión de energías alternativas en energía eléctrica .....	5	<b>8.2</b>	Conexión de los polos del interruptor automático en paralelo .....	33
<b>3.2</b>	Tracción eléctrica .....	7	<b>9</b>	<b>ABB ofrece</b> .....	
<b>3.3</b>	Alimentación de servicios de emergencia o servicios auxiliares .....	8	<b>9.1</b>	Interruptores automáticos .....	34
<b>3.4</b>	Aplicaciones industriales particulares ....	8	<b>9.2</b>	Interruptores de desconexión .....	41
<b>4</b>	<b>Generación</b> .....		<b>Anexo A:</b>	Sistemas de distribución de corriente continua.....	42
<b>4.1</b>	Baterías de almacenamiento .....	9	<b>Anexo B:</b>	Cálculo de corrientes de cortocircuito .....	45
<b>4.2</b>	Conversión estática .....	10	<b>Anexo C:</b>	Interruptores automáticos e interruptores de desconexión para aplicaciones de hasta 1.000 V CC ....	48
<b>4.3</b>	Dinamo .....	11	<b>Glosario</b> .....		52
<b>5</b>	<b>Consideraciones acerca de la interrupción de la corriente continua</b> .....	12			
<b>6</b>	<b>Tipos de redes de CC</b> .....				
<b>6.1</b>	Red aislada de tierra .....	14			
<b>6.2</b>	Red con una polaridad puesta a tierra...	16			
<b>6.3</b>	Red con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra .....	18			



# 1 Introducción

La corriente continua, que en su momento fue la principal forma de distribución de energía eléctrica, continúa estando ampliamente extendida hoy en día en las plantas eléctricas que alimentan aplicaciones industriales particulares.

Las ventajas en términos de ajustes que brinda el empleo de motores de CC y la alimentación a través de una única línea convierten a la alimentación de corriente continua en una buena solución para trenes, metros, tranvías, ascensores y otros medios de transporte.

Además, la corriente continua se utiliza en plantas de conversión (instalaciones en las que se convierten diferentes tipos de energía en energía eléctrica directa, p. ej. plantas fotovoltaicas) y, sobre todo, en aquellas aplicaciones de emergencia en las que se requiera una fuente de energía auxiliar para alimentar servicios esenciales, tales como sistemas de protección, alumbrado de emergencia, pabellones y fábricas, sistemas de alarma, centros de computación, etc.. Los acumuladores, por ejemplo, constituyen la fuente de energía más fiable para tales servicios, tanto directamente en corriente continua como mediante sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), cuando se suministran cargas en corriente alterna.

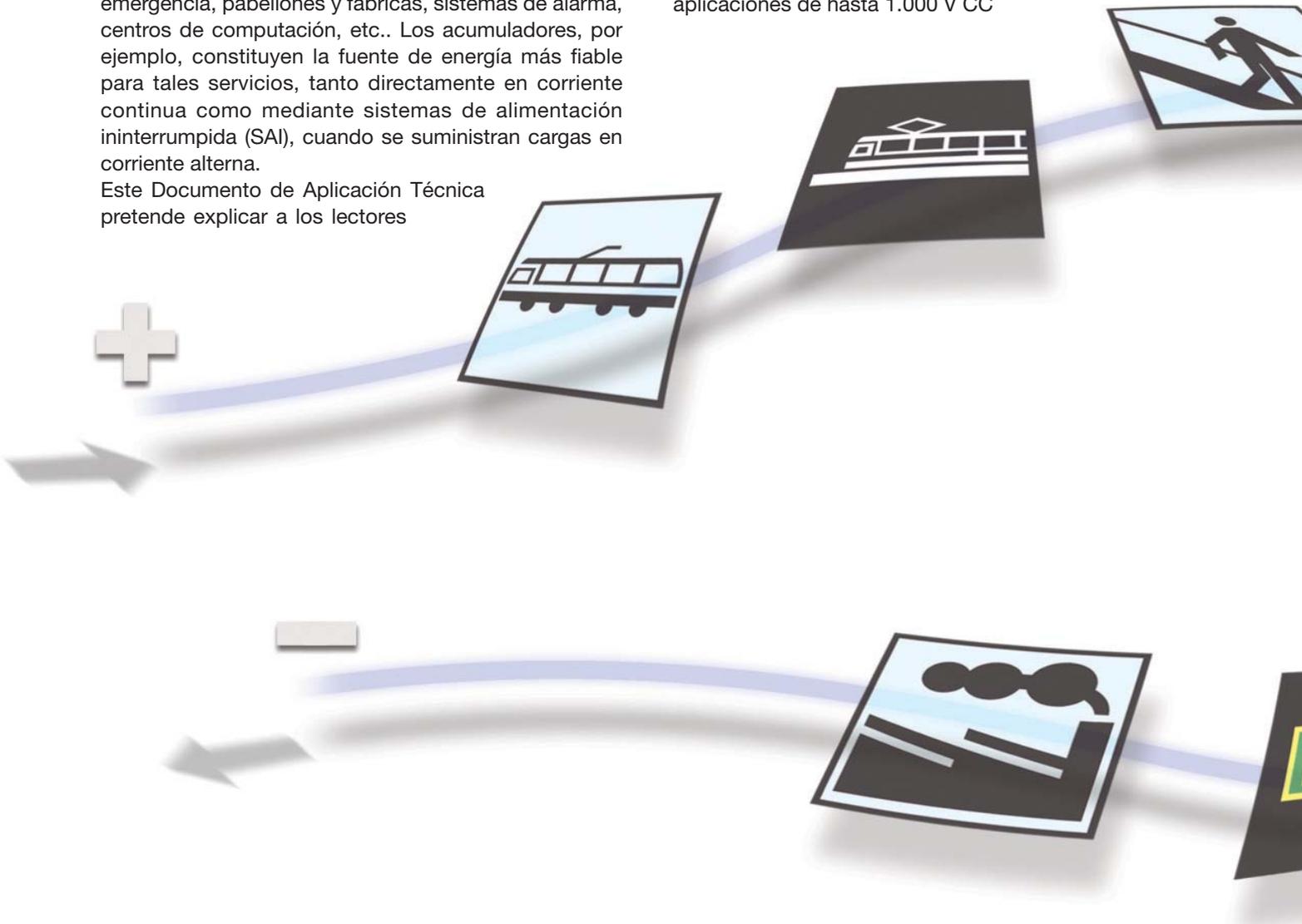
Este Documento de Aplicación Técnica pretende explicar a los lectores

los aspectos principales de las aplicaciones más importantes de corriente continua y presentar las soluciones ofrecidas por los productos ABB SACE.

El principal objetivo es facilitar información exacta mediante tablas que posibilitan una elección rápida del dispositivo de protección/desconexión y se presta especial atención a las características de instalación (tipos de defecto, tensión de instalación y disposición de puesta a tierra).

También existen algunos anexos con información adicional sobre la corriente continua y más concretamente:

- información sobre los sistemas de distribución de conformidad con la Norma internacional IEC 60364-1;
- cálculo de la corriente de cortocircuito en CC de conformidad con la Norma internacional IEC 61660-1;
- interruptores automáticos y desconectores para aplicaciones de hasta 1.000 V CC



## 2 Cuestiones generales acerca de la corriente continua

Es fundamental conocer las características eléctricas de la corriente continua y sus diferencias en comparación con la corriente alterna para entender cómo emplear la corriente continua.

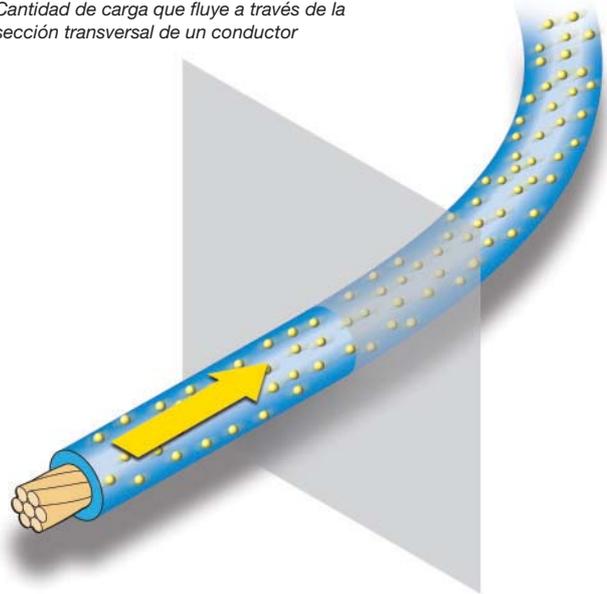
Por definición, la corriente eléctrica denominada «continua» presenta una tendencia unidireccional constante en el tiempo. De hecho, al analizar el movimiento de las cargas en un punto cruzado por una corriente continua, se observa que la cantidad de carga ( $Q$ ) que fluye por dicho punto (es decir, por esa sección transversal) a cada instante es siempre la misma.

Las fuentes que pueden suministrar corriente continua son baterías o dinamos; además, mediante un proceso de rectificación es posible convertir una corriente alterna en corriente continua.

No obstante, una corriente continua «pura», que es una corriente que no presenta ninguna fluctuación periódica, se genera exclusivamente por baterías (o acumuladores). De hecho,

la corriente producida por una dinamo puede presentar pequeñas variaciones, lo cual la hace no sea constante en el tiempo; pese a ello, se considera corriente continua desde un punto de vista práctico.

**Figura 1**  
Cantidad de carga que fluye a través de la sección transversal de un conductor



En un sistema de CC, es muy importante respetar la dirección de la corriente; en consecuencia, es necesario conectar correctamente las cargas respetando las polaridades, puesto que en caso de una conexión errónea podrían surgir problemas de funcionamiento y de seguridad.

Por ejemplo, si un motor de CC se alimentase invirtiendo las polaridades, éste rotaría en la dirección inversa; asimismo, muchos circuitos electrónicos podrían sufrir daños irreversibles al alimentarse de forma incorrecta.



## 2 Cuestiones generales acerca de la corriente continua

### Valor eficaz de una cantidad sinusoidal

El valor eficaz es el parámetro que relaciona la corriente alterna con la corriente continua.

El valor eficaz de una corriente alterna representa el valor de corriente continua que causa los mismos efectos térmicos en el mismo periodo de tiempo; por ejemplo,

una corriente continua de 100 A produce los mismos efectos térmicos que una corriente alterna sinusoidal con un valor máximo de 141 A.

Así pues, el valor eficaz permite tratar la corriente alterna como una corriente continua en la que el valor instantáneo varía en el tiempo.

$$I_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (\text{where } T \text{ is the period})$$

Figura 2 Forma de onda periódica a 50 Hz

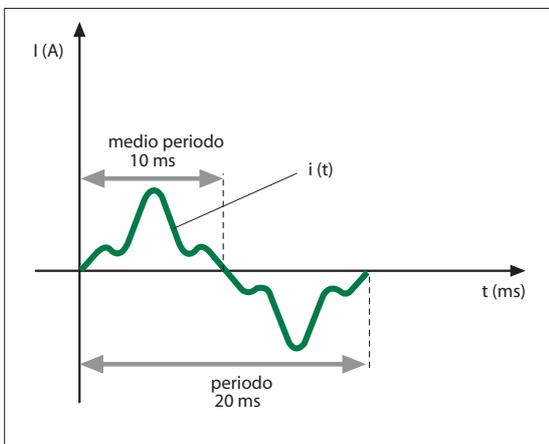
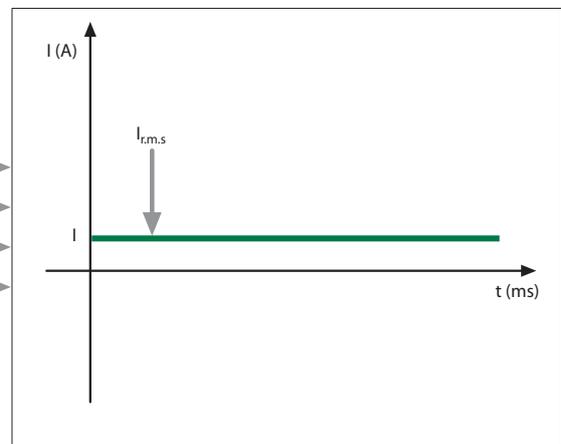


Figura 3 Valor eficaz (valor de la corriente continua equivalente)



El valor eficaz de una forma de onda perfectamente sinusoidal es igual a:

$$I_{r.m.s} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{where } I_{\max} \text{ is the maximum value of the amplitude of the sinusoidal wave})$$

Figura 4 Forma de onda sinusoidal a 50 Hz

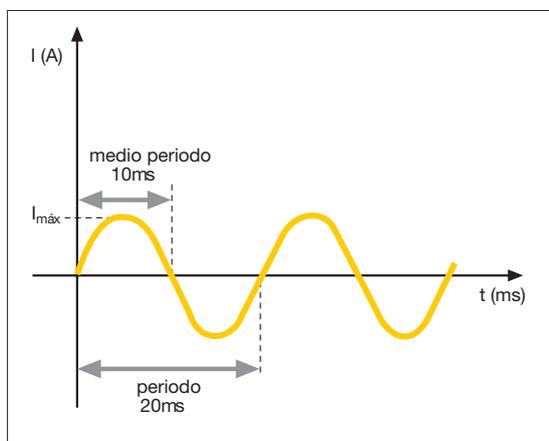
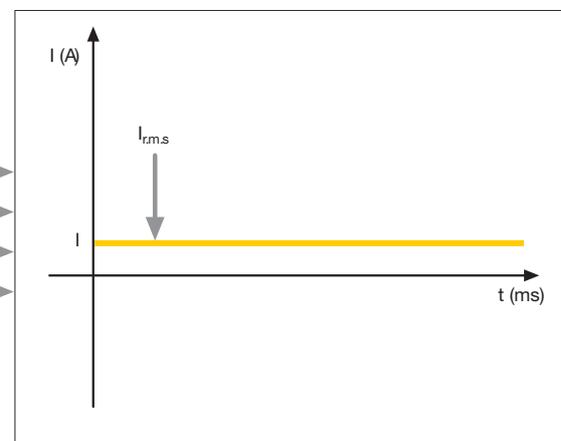


Figura 5 Valor eficaz (valor de la corriente continua equivalente)



## 3 Aplicaciones

En el ámbito de la baja tensión, la corriente continua se utiliza para diversas aplicaciones que, en las siguientes páginas, se han dividido en cuatro macrofamilias:

- conversión a otras formas de energía eléctrica (plantas fotovoltaicas, sobre todo allí donde se utilicen baterías de acumuladores);
- tracción eléctrica (líneas de tranvía, trenes metropolitanos, etc.);
- alimentación de servicios de emergencia o auxiliares;
- instalaciones industriales particulares (procesos electrolíticos, etc.).

### 3.1 Conversión de energías alternativas en energía eléctrica

#### Plantas fotovoltaicas

Una planta fotovoltaica permite convertir la energía asociada a la irradiación solar en energía eléctrica de tipo directo; estas plantas están formadas por paneles de material semiconductor, los cuales pueden generar energía eléctrica una vez expuestos a los rayos solares.

Las plantas fotovoltaicas pueden estar conectadas a red o suministrar una carga única (planta independiente). En este último caso debe estar presente una batería de acumuladores para proporcionar alimentación eléctrica en caso de falta de radiación solar.

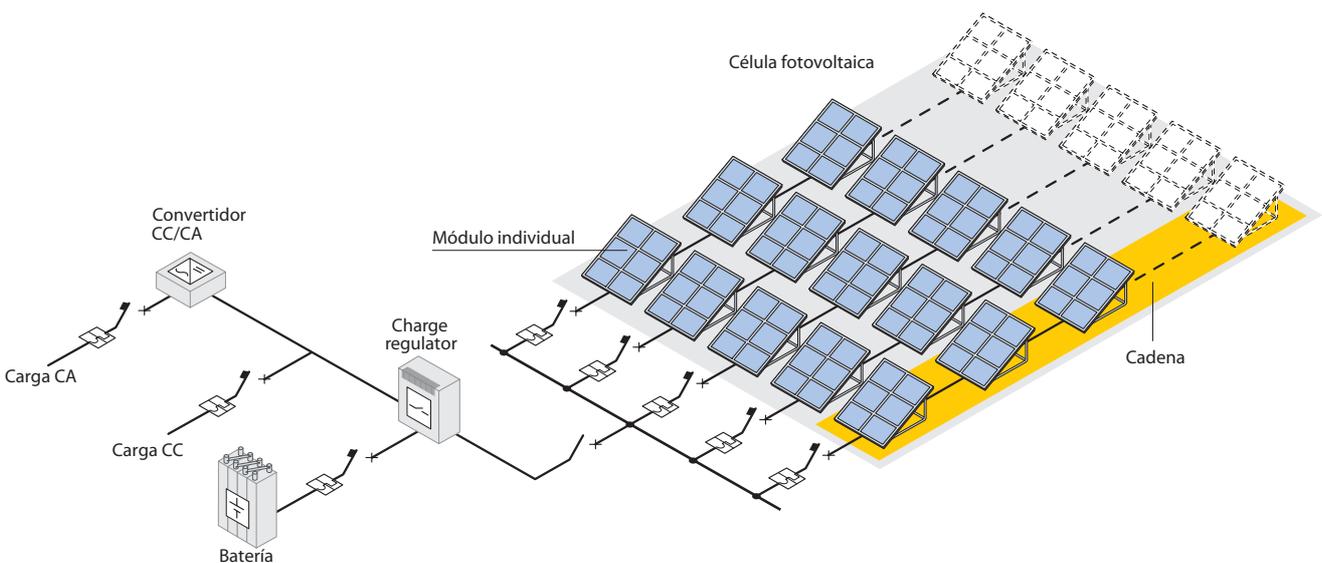
El elemento básico de una planta fotovoltaica es la célula fotovoltaica formada por material semiconductor (silicona amorfa o silicona monocristalina); esta célula, expuesta a los rayos solares, es capaz de suministrar una corriente máxima  $I_{mpp}$  a una tensión máxima  $V_{mpp}$ , correspondiente a una potencia máxima llamada  $W_p$ . Varias células fotovoltaicas están conectadas en serie para formar una cadena para aumentar el nivel de tensión. Al conectar varias cadenas en paralelo se incrementa el nivel de corriente.

Por ejemplo, si una sola celda puede suministrar 5 A a 35,5 V CC, para alcanzar el nivel de 100 A a 500 V CC es necesario conectar 20 cadenas en paralelo, cada una de ellas constituida por 15 células.

En general, una planta fotovoltaica independiente está constituida por los dispositivos siguientes:

- **panel fotovoltaico:** formado por las células fotovoltaicas convenientemente interconectadas y utilizado para convertir la energía solar en energía eléctrica;
- **regulador de carga:** es un dispositivo electrónico capaz de regular la carga y descarga de acumuladores;
- **baterías de acumuladores:** pueden suministrar alimentación eléctrica en caso de falta de radiación solar;
- **Convertidor CC/CA:** tiene la función de convertir la corriente continua en corriente alterna, controlándola y estabilizando su frecuencia y forma de onda.

La figura siguiente muestra el diagrama funcional de una planta fotovoltaica independiente.

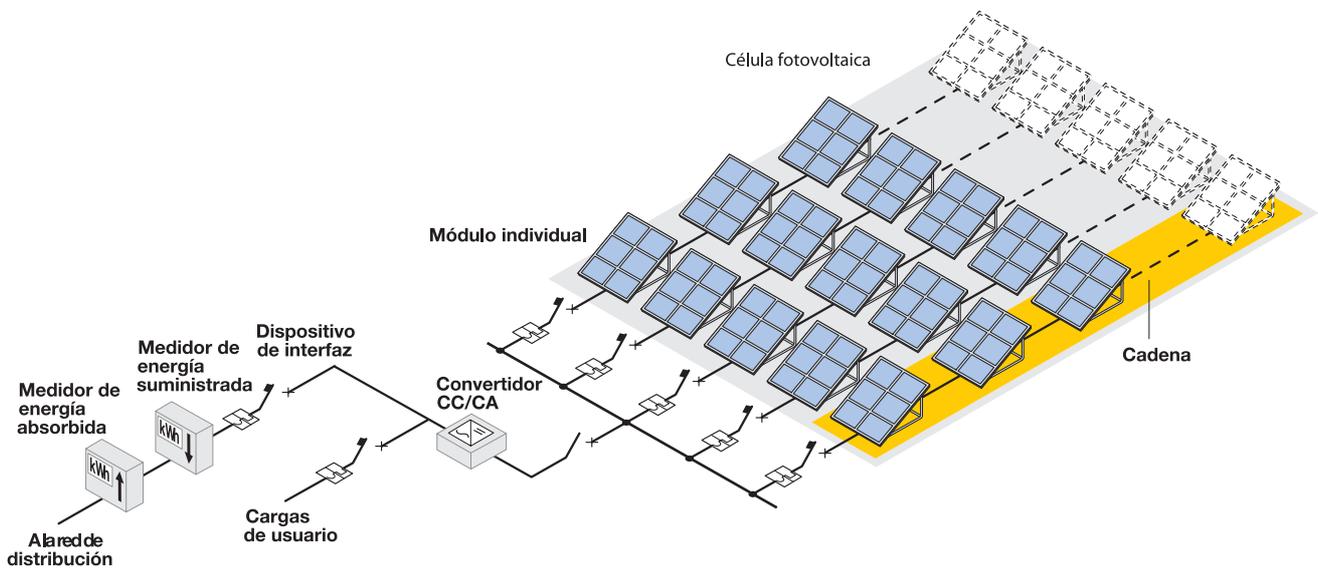


El diagrama general de una planta fotovoltaica conectada a la red, a diferencia del de una planta independiente, podría omitir la batería de acumuladores, ya que el usuario se alimenta de la red cuando la radiación solar no está disponible.

Una planta fotovoltaica de este tipo está constituida por el equipo siguiente:

- **panel fotovoltaico:** formado por las células fotovoltaicas convenientemente interconectadas y utilizado para convertir la energía solar en energía eléctrica;
- **Convertidor CC/CA:** tiene la función de convertir la corriente continua en corriente alterna, controlándola y estabilizando su frecuencia y forma de onda.
- **dispositivo de interfaz:** está formado por un interruptor automático equipado con un relé de subtensión o con un interruptor de desconexión capaz de garantizar la separación total entre las unidades generadoras de electricidad y la red de distribución pública;
- **medidores de energía:** están presentes para medir y facturar la energía suministrada y absorbida por la red de distribución.

La figura siguiente muestra el diagrama funcional de una planta fotovoltaica conectada a la red.



Las plantas fotovoltaicas pueden suministrar corrientes desde unas docenas de amperios (aplicaciones domésticas y similares) hasta varios cientos de amperios (industria de servicios y pequeña industria).

### 3.2 Tracción eléctrica

La curva característica de par-velocidad particular y la facilidad con la que puede regularse la velocidad propiamente dicha han propiciado el uso de motores de CC en el ámbito de la tracción eléctrica.

Asimismo, la alimentación de corriente continua brinda la gran ventaja de tener una línea de contacto que consiste en un único conductor, puesto que los raíles procuran el conductor de retorno.

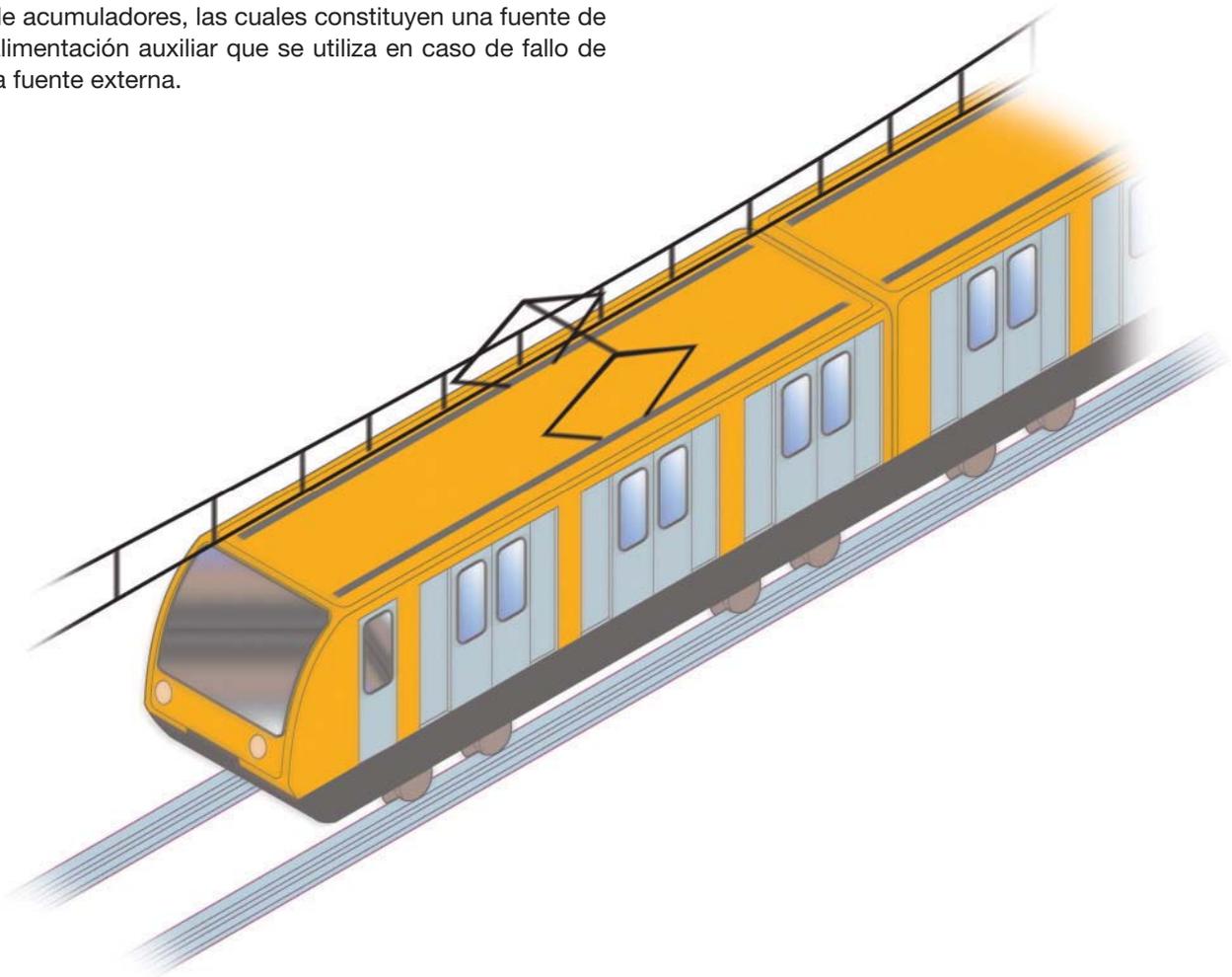
En el presente escenario, la corriente continua se utiliza sobre todo en el transporte urbano, esto es, trolebuses, tranvías y trenes metropolitanos con una tensión de alimentación de 600 V o 750 V, hasta 1.000 V.

El uso de corriente continua no se limita tan sólo a la tracción de vehículos sino que también representa una fuente de alimentación para los circuitos auxiliares a bordo de vehículos; en tales casos se instalan baterías de acumuladores, las cuales constituyen una fuente de alimentación auxiliar que se utiliza en caso de fallo de la fuente externa.

Es muy importante que esta alimentación eléctrica esté garantizada, ya que los circuitos auxiliares podrían alimentar servicios esenciales, tales como: sistemas de aire acondicionado, circuitos de alumbrado interno y externo, sistemas de frenado de emergencia, sistemas de calefacción eléctrica, etc..

Las aplicaciones de interruptores automáticos en circuitos de CC para la tracción eléctrica en general pueden resumirse del modo siguiente:

- protección y funcionamiento de líneas de contacto tanto con suspensión catenaria como de raíl;
- protección de compresores de aire a bordo de vagones de metro y de tren;
- protección de plantas de distribución para servicios y sistemas de señalización;
- protección de fuentes de alimentación de CC (baterías de acumuladores) y
- protección y funcionamiento de motores de CC.



### 3.3 Alimentación de servicios de emergencia o auxiliares

Se utiliza corriente continua (directa o indirectamente mediante baterías de acumuladores) para todas aquellas plantas en las que la continuidad del servicio constituya un requisito fundamental.

Tales plantas, que no pueden tolerar un corte de suministro eléctrico causado, por ejemplo, por una pérdida de energía, necesitan una fuente de alimentación lista para usar. Dicha fuente, pese a estar limitada en el tiempo, puede ser capaz de cubrir los tiempos necesarios hasta la puesta en marcha de un equipo generador de emergencia.

A continuación se muestran algunos ejemplos de este tipo de plantas de usuario:

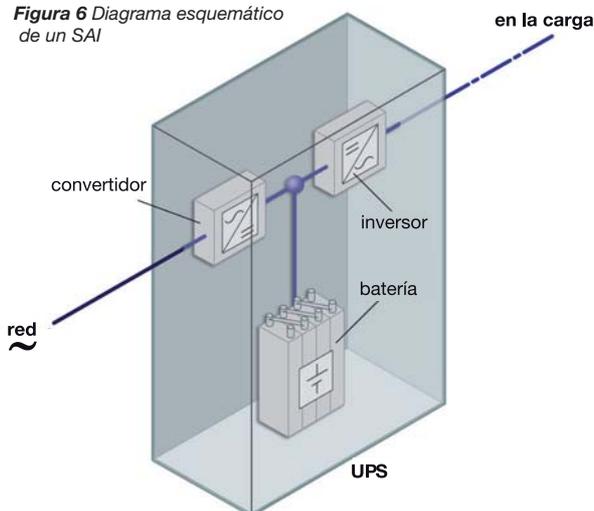
- aplicaciones industriales (sistemas de control de procesos);
- instalaciones de seguridad y emergencia (alumbrado, alarmas);
- aplicaciones de hospital;
- telecomunicaciones;
- aplicaciones en el ámbito del procesamiento de datos (centros de datos, estaciones de trabajo, servidores, etc.).

En estas instalaciones no pueden permitirse interrupciones del suministro energético, de ahí que sea necesario implementar en la planta sistemas capaces de almacenar energía durante la presencia de suministro y de devolverla inmediatamente cuando el suministro falle.

Las baterías de acumuladores constituyen la fuente de energía eléctrica más fiable para el suministro de tales servicios, tanto directamente en corriente continua (si las cargas lo permiten) como en corriente alterna, mediante el uso de un convertidor capaz de desarrollar una forma de onda sinusoidal saliente partiendo de una forma de onda continua entrante.

Para lo anterior se utilizan los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI):

Figura 6 Diagrama esquemático de un SAI



### 3.4 Aplicaciones industriales particulares

El uso de corriente continua se requiere a menudo en numerosas aplicaciones industriales, tales como:

- hornos de arco;
- plantas de electrosoldadura;
- plantas de fabricación de grafito;
- plantas de producción y refinado de metales (aluminio, zinc, etc.).

En concreto, muchos metales, como el aluminio, se producen mediante un proceso electrolítico. La electrólisis es un proceso que convierte la energía eléctrica en energía química. Es lo contrario de lo que ocurre en el proceso de la batería. De hecho, con la batería, explota una reacción química para producir energía eléctrica de CC, mientras que la electrólisis utiliza energía eléctrica de CC para iniciar una reacción química que de otro modo no se produciría espontáneamente.

El procedimiento consiste en sumergir el metal para refinar, el cual actúa como ánodo, en una solución conductora, mientras que una fina placa del mismo metal puro actúa como cátodo; al aplicar una corriente continua desde los rectificadores, es posible observar que los átomos de metal en el ánodo se disuelven en la solución electrolítica y, al mismo tiempo, una cantidad equivalente de metal se deposita sobre el cátodo. En estas aplicaciones, las corrientes de servicio son muy elevadas >3.000 A.

Otra aplicación muy común la representan las instalaciones galvánicas, en las que se desarrollan procesos para lograr el revestimiento de superficies metálicas con otros metales o aleaciones (cromado, niquelado, cobreado, latonado, zincado por galvanización, estañado, etc.). Normalmente, la pieza metálica para revestir actúa como cátodo: a través del flujo de corriente, los iones se desplazan desde el ánodo y se depositan sobre la superficie de la pieza.

Asimismo, en estas instalaciones las operaciones se llevan a cabo mediante una célula electrolítica con corrientes de servicio elevadas (hasta 3.000 A y superiores).

## 4 Generación

La corriente continua puede generarse:

- mediante la utilización de baterías o acumuladores en los que la corriente se genera directamente a partir de procesos químicos;
- mediante la rectificación de corriente alterna por medio de rectificadores (conversión estática);
- mediante la conversión de trabajo mecánico en energía eléctrica con el uso de dinamos (producción mediante máquinas rotatorias).

Las indicaciones siguientes no pretenden ser una herramienta exhaustiva, sino que su propósito es proporcionar, en lenguaje sencillo, información útil para ayudar a entender las principales tecnologías para la producción de corriente continua. Es obvio que la tecnología y las técnicas utilizadas actualmente son múltiples y complejas, pero puesto que no son el tema principal de este documento técnico se ofrecen tan sólo las indicaciones básicas necesarias para una comprensión rápida.

### 4.1 Baterías de almacenamiento

Una batería de almacenamiento, también llamada acumulador, es un generador electromecánico capaz de convertir la energía química directamente en energía eléctrica de tipo continuo.

La estructura de una batería de almacenamiento es análoga a la de una batería normal. La diferencia principal reside en el hecho de que, en las baterías de acumuladores, el proceso de carga/descarga es reversible: de hecho, mediante el uso de un generador de CC resulta posible restaurar el estado inicial de los electrodos que han sido alterados durante la descarga; este proceso no puede llevarse a cabo con una batería normal.

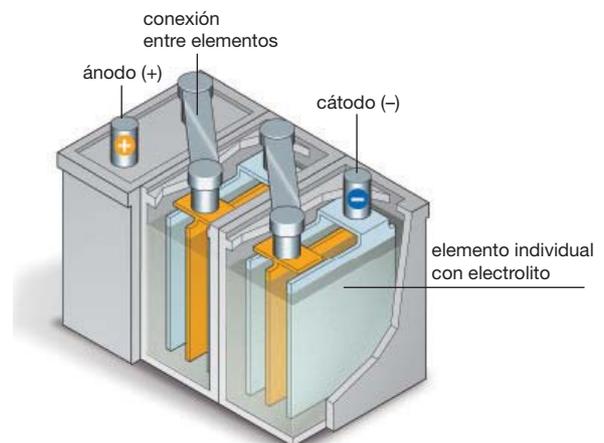
Las principales características eléctricas de las baterías de almacenamiento son:

- **tensión nominal:** diferencia de potencial existente entre las placas negativa y positiva sumergidas en el electrolito; el valor de tensión habitualmente indicado se refiere a cada célula individual (2 V, 4 V, 6 V, 12 V); para obtener la tensión requerida es necesario utilizar varias células en serie
- **capacidad:** cantidad de electricidad que una batería puede suministrar durante un periodo definido; la capacidad se expresa en amperios-hora (Ah) y puede calcularse multiplicando el valor de la intensidad de la corriente de descarga (amperios) por el tiempo de descarga (horas)
- **resistencia interna:** el valor de la resistencia interna de la batería; este valor lo establece el fabricante
- **potencia:** la potencia que la batería es capaz de suministrar; se calcula a partir de la tensión de descarga promedio multiplicada por la corriente y se expresa en vatios (W).

### Estructura de una batería de almacenamiento

Una batería estacionaria en su forma más sencilla está formada por un recipiente que contiene una solución de ácido sulfúrico con agua destilada (el electrolito), en el que están sumergidos los dos electrodos, el positivo y el negativo. Cada uno de dichos electrodos está formado por una o varias placas conectadas en paralelo; los terminales de estos electrodos, a los que se conectan las cargas o donde se realizan las conexiones en serie o en paralelo, son el ánodo (+) y el cátodo (-).

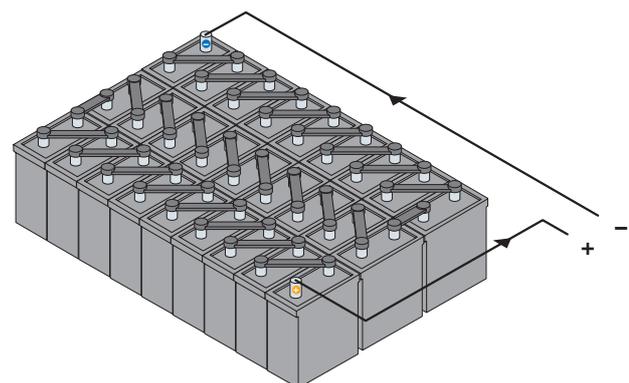
La figura siguiente muestra la posible estructura de tres elementos conectados en serie:



Además de estos componentes, existen también colectores y separadores de corriente. Los colectores dirigen la corriente generada hacia los electrodos (fase de descarga) y viceversa, desde los electrodos hacia los elementos (fase de carga); y los separadores, normalmente formados por placas aislantes, evitan el contacto entre el ánodo y el cátodo para prevenir la aparición de cortocircuitos.

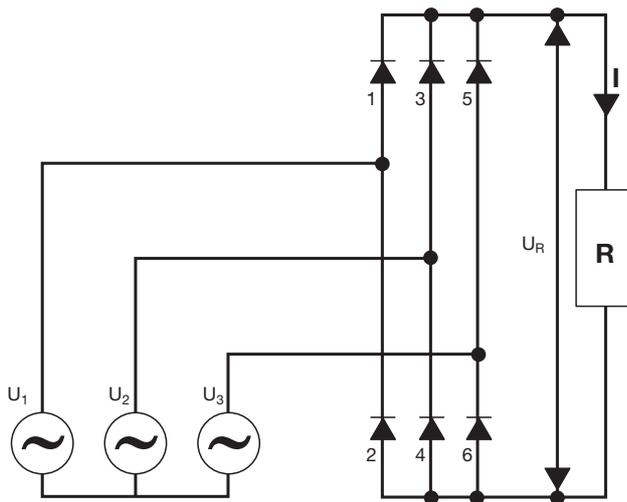
Para obtener el nivel de tensión conforme a las necesidades de la instalación, es necesario conectar (mediante conectores apropiados, véase figura) varias células en serie o en paralelo, a fin de incrementar el nivel de tensión o de corriente.

La figura siguiente muestra la posible estructura de tres elementos conectados en serie:



## 4.2 Conversión estática

Puede suministrarse corriente continua utilizando dispositivos electrónicos (rectificadores) para convertir la entrada de corriente alterna en salida de corriente continua. Estos dispositivos también se denominan convertidores estáticos, para distinguirlos de los rotatorios (actualmente obsoletos), los cuales utilizan varias máquinas eléctricas convenientemente acopladas. El principio funcional de los rectificadores explota las propiedades de los componentes electrónicos fabricados en materiales semiconductores (diodos, tiristores, etc.), esto es, su capacidad de transportar corrientes sólo cuando están polarizados positivamente. El principio funcional puede describirse tomando como referencia el rectificador en puente trifásico (rectificador de Graetz) que se muestra en la figura:

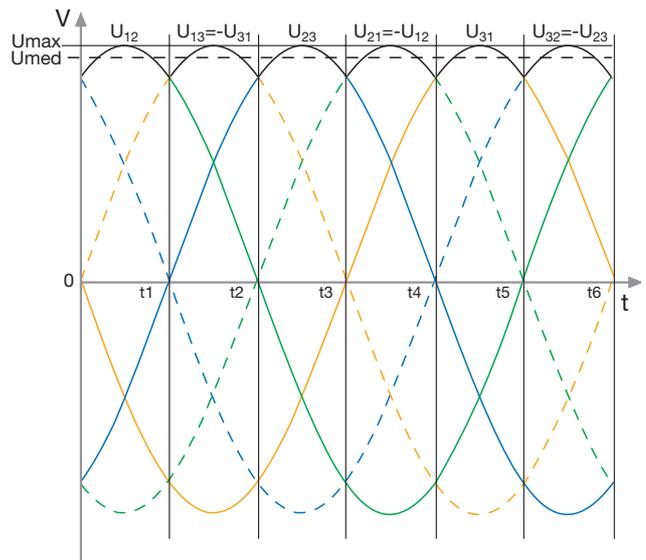


En este diagrama es posible identificar los tres diodos directos (1, 3, 5) con los cátodos conectados en común, y los tres diodos inversos (2, 4, 6) que, en su lugar, tienen los ánodos conectados en común.

Una vez establecido que un diodo sólo transporta corriente si está polarizado positivamente, esto es, cuando la tensión en sus extremos es superior a cero, al suministrar al circuito de puente un conjunto de tensiones trifásicas resulta lo siguiente:

- a) durante la primera sexta parte del periodo, la tensión línea a línea  $U_{12}$  es la tensión predominante; en consecuencia, los diodos 1 y 4 conducirán la corriente.
- b) durante la segunda sexta parte del periodo, la tensión línea a línea  $U_{13}$  es la tensión predominante; en consecuencia, los diodos 1 y 6 conducirán la corriente.

Lo mismo ocurre en las fracciones de periodo subsiguientes. La tensión  $U_R$  en los terminales de la carga R es la tensión representada por la envolvente de las tensiones línea a línea, tal como se muestra en la figura.



Las líneas continuas representan las curvas senoideas de las tensiones línea a línea ( $U_{12}$ ;  $U_{23}$ ;  $U_{31}$ ), mientras que las líneas punteadas representan las curvas senoideas de las mismas tensiones pero invertidas ( $U_{13} = -U_{31}$ ;  $U_{21} = -U_{12}$ ;  $U_{32} = -U_{23}$ ).

La tensión de salida resultante (representada por la línea negra continua) adopta la forma de onda de una tensión de ondulación con un valor promedio distinto a cero. En consecuencia, la corriente continua que fluye a través de la resistencia R debe ser igual a:

$$I = \frac{U_{med}}{R}$$

De hecho, el circuito electrónico de un rectificador es más complejo que el circuito anteriormente mostrado; por ejemplo, a menudo está presente un condensador que «alisa» la tensión de salida para reducir la ondulación. También pueden utilizarse tiristores en lugar de diodos. Gracias a la posibilidad de controlar su tiempo de encendido en relación con su instante de conmutación, los tiristores permiten variar el valor de tensión de salida en el puente; en este caso, al dispositivo se le denomina rectificador de puente controlado.

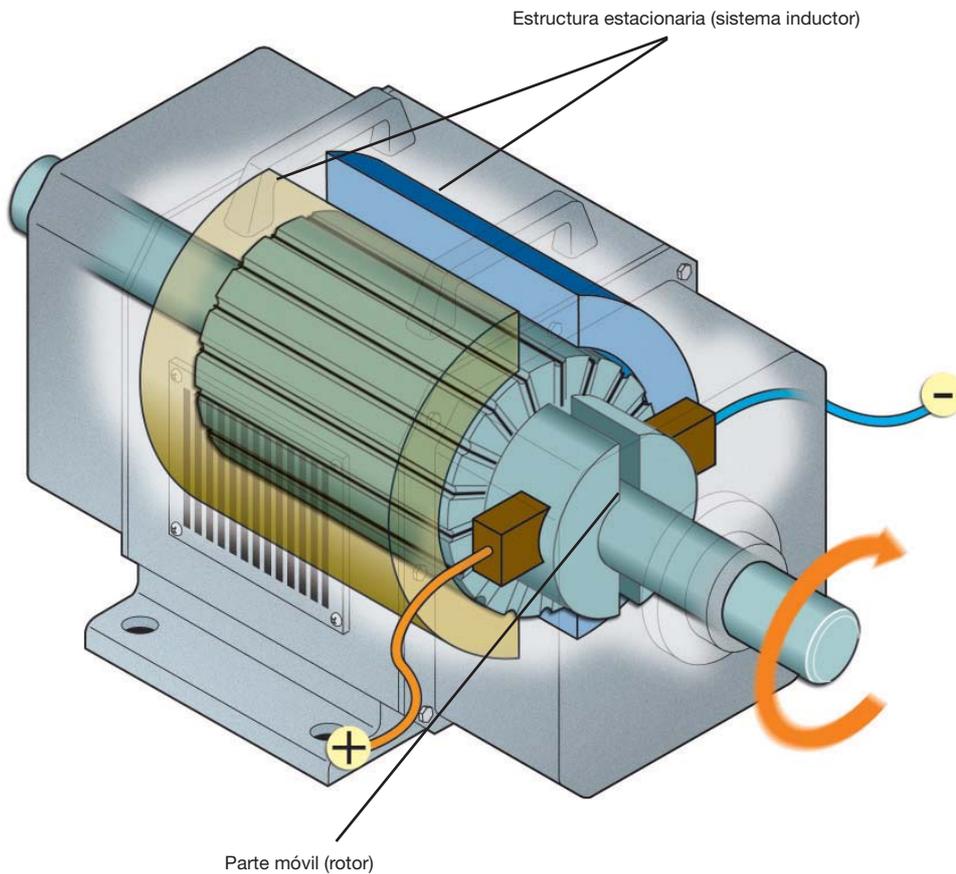
### 4.3 Dinamo

Una dinamo es un generador de corriente continua que se utiliza para convertir la energía cinética en energía eléctrica de tipo continuo.

Como se muestra en la figura, estos dispositivos consisten básicamente en una estructura estacionaria (denominada sistema inductor), la cual tiene el cometido de generar un campo magnético; y en una parte móvil (llamada rotor), formada por un sistema de conductores, que debe «golpear» el campo magnético generado por el inductor.

Si se parte del supuesto que un conductor en línea recta (posicionado a lo largo de un cilindro que gira a velocidad constante) que corta las líneas de fuerza del campo magnético se convierte en el asiento de una fuerza electromotriz (fem) variable en el tiempo, resulta fácil entender que, con varios conductores adecuadamente conectados (de modo que se compensen los valores positivos y negativos de las fuerzas electromotrices inducidas en los conductores), es posible obtener una fem resultante de valor constante y que tiene siempre la misma dirección.

La figura siguiente muestra la estructura de una dinamo:



## 5 Consideraciones acerca de la interrupción de la corriente continua

La corriente continua presenta problemas distintos a los de la corriente alterna, en lo referente a los fenómenos asociados a la interrupción de corrientes de valor elevado, puesto que la extinción del arco resulta especialmente difícil.

Como muestra la Figura 7, en la corriente alterna se produce un paso natural de corriente por cero en cada semiperiodo, lo cual se corresponde con el apagado del arco durante la apertura del circuito. En la corriente continua no existe este paso natural, así que para garantizar la extinción del arco es necesario que la corriente disminuya hasta anularse (forzando el paso de la corriente por cero).

Figura 7 Corriente alterna

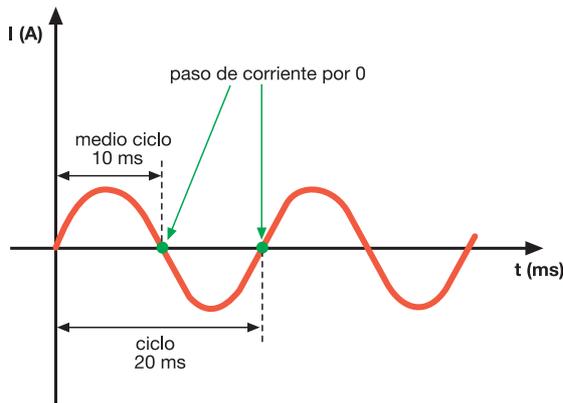
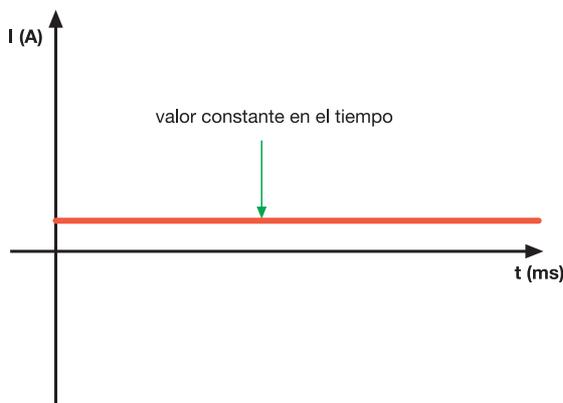
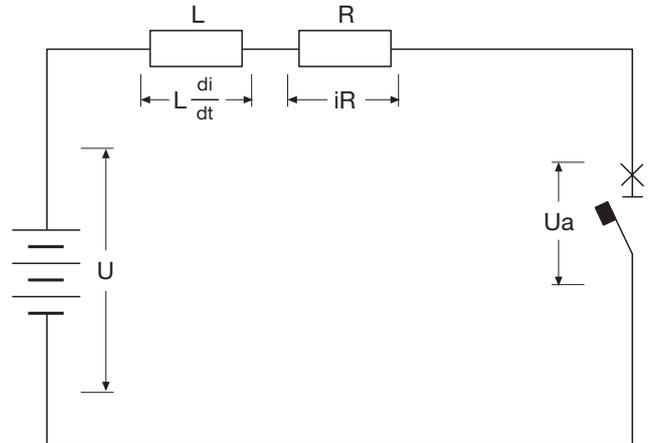


Figura 8 Corriente continua



Para entender lo anterior conviene referirse al circuito mostrado en la figura:



En este caso:

$$U = L \frac{di}{dt} + Ri + U_a$$

donde:

U es la tensión nominal de la fuente de alimentación

L es la inductancia del circuito

R es la resistencia del circuito

U<sub>a</sub> es la tensión de arco.

La fórmula también puede escribirse como:

$$L \frac{di}{dt} = U - Ri - U_a \quad (1)$$

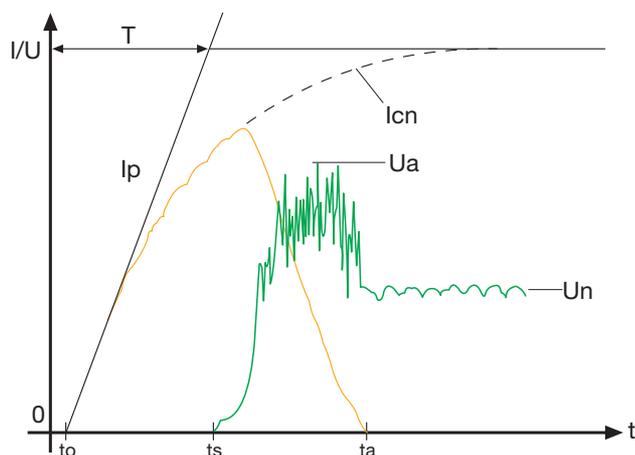
Para garantizar la extinción del arco, es necesario que:

$$\frac{di}{dt} < 0$$

Esta relación se da cuando la tensión de arco (U<sub>a</sub>) es lo suficientemente elevada como para que la primera parte de la ecuación (1) sea negativa. Prescindiendo de las consideraciones matemáticas derivadas de la resolución de la ecuación (1), se puede llegar a la conclusión de que el tiempo de extinción de una corriente continua es proporcional a la constante de tiempo del circuito T = L/R y a la constante de extinción.

La constante de extinción es un parámetro que depende de la característica de arco y de la tensión de alimentación del circuito.

La figura siguiente muestra un oscilograma relativo a un ensayo de cortocircuito realizado en los laboratorios de ensayo de potencia de ABB SACE.



$I_p$  = corriente de cortocircuito

$I_{cn}$  = corriente de cortocircuito prevista

$U_a$  = tensión de arco máxima

$U_n$  = tensión de red

$T$  = constante de tiempo

hasta el = instante de inicio del cortocircuito

$t_s$  = instante de inicio de la separación de los contactos del interruptor automático

$t_a$  = instante de extinción de la corriente de falla

Al producirse un cortocircuito en el instante  $t_0$ , la corriente empieza a aumentar conforme a la constante de tiempo del circuito. Los contactos del interruptor automático empiezan a separarse y dan lugar a un arco a partir del instante  $t_s$ .

La corriente sigue aumentando durante un breve instante también tras el inicio de la apertura del contacto, para seguidamente decrecer en función del valor cada vez

más elevado de la resistencia de arco que se introduce progresivamente en el circuito. Como se puede observar en el gráfico, durante la interrupción la tensión de arco se mantiene superior a la tensión de alimentación del circuito. La corriente está completamente extinguida en  $t_a$ . Como muestra el gráfico, la corriente de cortocircuito representada por la línea roja se extingue sin interrupciones bruscas, las cuales podrían causar picos de tensión elevados.

En consecuencia, para lograr una extinción gradual (el gráfico representa el descenso de  $I_p$ ), es necesario enfriar y alargar el arco, de modo que se inserte en el circuito una resistencia de arco cada vez más elevada (con el consiguiente aumento de la tensión de arco  $U_a$ ). Esta extinción implica fenómenos energéticos que dependen del nivel de tensión de la instalación ( $U_n$ ) y hacen necesario instalar interruptores automáticos en serie conforme a los esquemas de conexión, para incrementar sus prestaciones en condiciones de cortocircuito (de hecho, la capacidad de corte del interruptor automático será mayor cuanto mayor sea el número de contactos que abren el circuito).

Esto significa que, al aumentar la tensión, es necesario incrementar el número de interrupciones de corriente en serie, de manera que se obtenga un incremento de la tensión de arco y, por consiguiente, un número de polos para la operación de corte adecuado para el nivel de defecto.

Por lo que respecta a la conexión de polos relativa a los tipos de redes, véase el Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».

En síntesis: para garantizar el corte de una corriente de cortocircuito en un sistema de CC, es necesario emplear interruptores automáticos capaces de asegurar:

- disparo rápido con una capacidad de corte suficiente;
- elevada capacidad de limitación de corriente de falla y
- efecto de reducción de la sobretensión.

## 6 Tipos de redes de CC

Como se ha explicado anteriormente, a fin de garantizar el corte de una corriente de cortocircuito en un sistema de CC, es necesario conectar de forma adecuada los polos del interruptor automático:

Para llevar a cabo esta operación es preciso conocer el tipo de puesta a tierra de la instalación.

Tal información permite evaluar cualquier condición de defecto posible y, en consecuencia, seleccionar el tipo de conexión más adecuado conforme a las demás características de la instalación (corriente de cortocircuito, tensión de alimentación, corriente nominal de las cargas, etc.).

En las páginas siguientes se presenta esta información fundamental para cada tipo de red:

- descripción de la red
- tipos de fallos.

(por lo que respecta a la conexión de polos y a la capacidad de corte relevante, véase el Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector»)

### Solución habitual

Figura 9 Red aislada de tierra



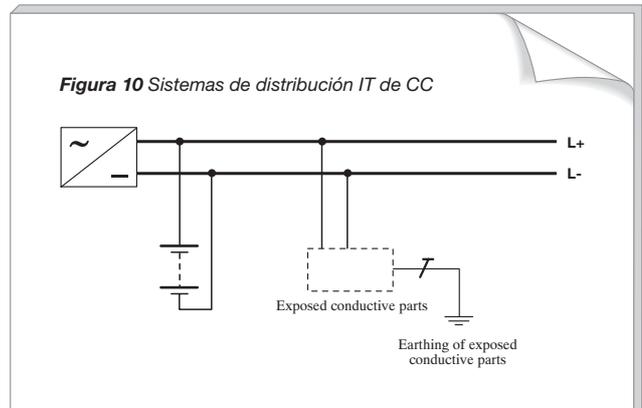
### 6.1 Red aislada de tierra

Este tipo de red representa la conexión más fácil de realizar, dado que no existe conexión entre las polaridades de la batería y la tierra.

Estos tipos de sistemas son de uso extendido en aquellas instalaciones en las que la puesta a tierra resulta difícil, pero sobre todo allí donde se requiera la continuidad del servicio tras un primer defecto (véanse la páginas siguientes).

Por otra parte, al no haber polaridades puestas a tierra, esta conexión presenta el inconveniente de que, debido a la electricidad estática, podrían darse sobretensiones peligrosas entre una parte conductora expuesta y tierra (tales riesgos pueden limitarse mediante descargadores de sobrecarga).

### Representación conforme a la Norma IEC 60364-1\*

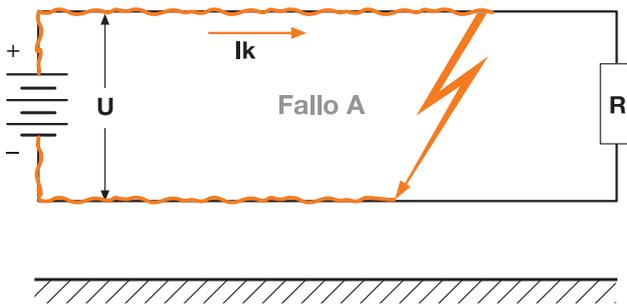


\*esta analogía es válida sólo para la puesta a tierra de la fuente de alimentación, y no para la puesta a tierra de las partes conductoras expuestas; por lo que respecta a las estipulaciones sobre contactos indirectos, consúltese la Norma IEC 60364-4.

## Tipos de fallos en una red aislada de tierra

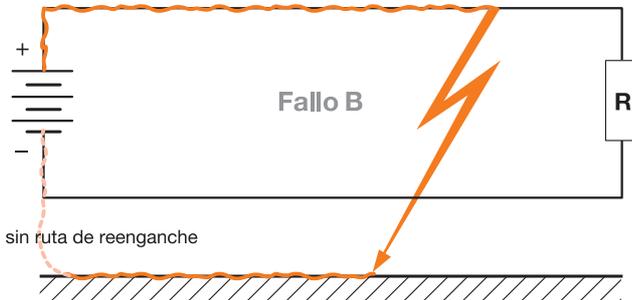
### Defecto A:

el defecto entre las dos polaridades es una corriente de cortocircuito alimentada por la plena tensión  $U$ . La capacidad de corte del interruptor automático debe elegirse en función de la corriente de cortocircuito relativa a tal defecto.



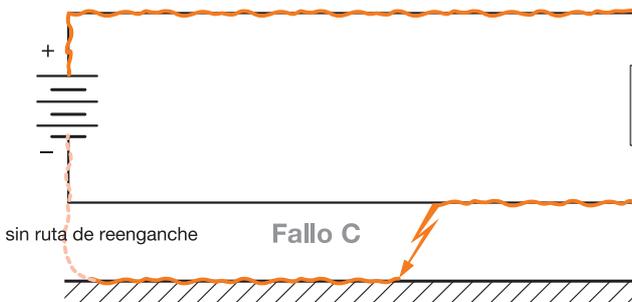
### Defecto B:

el defecto entre una polaridad y tierra no tiene consecuencias desde el punto de vista de funcionamiento de la instalación, dado que esta corriente carece de rutas de reenganche y, por consiguiente, no puede circular.



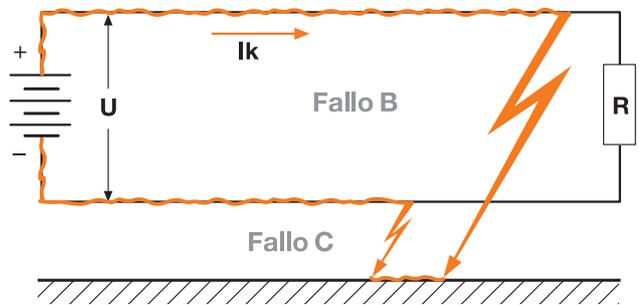
### Defecto C:

tampoco este defecto (defecto B) entre una polaridad y tierra tiene consecuencias desde el punto de vista de funcionamiento de la instalación.



### Doble defecto (defecto B + defecto C):

en caso de que se produzca un defecto doble, como se muestra en la figura, la corriente podría circular y encontrar una ruta de reenganche; en este caso es aconsejable instalar en la planta un dispositivo capaz de señalar un defecto a tierra o una disminución del aislamiento a tierra de una polaridad. De este modo se puede eliminar a tiempo el defecto para prevenir un segundo defecto a tierra en la otra polaridad, con la consiguiente ineficacia total de la instalación debido al disparo del interruptor automático causado por el cortocircuito generado en las dos polaridades a tierra.

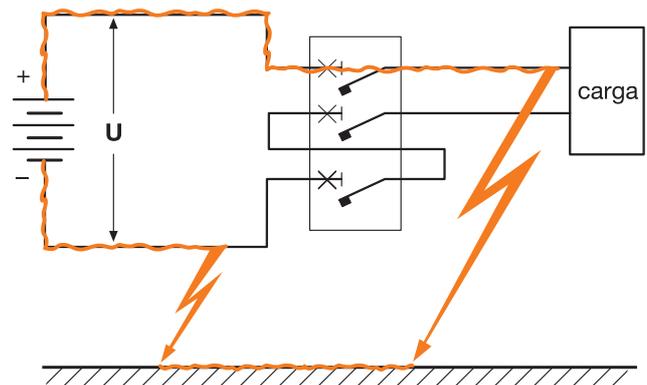


### Conclusión:

En este tipo de red, el tipo de defecto que afecta a la versión y conexión de los polos del interruptor automático es el defecto A (entre las dos polaridades).

En una red aislada es necesario instalar un dispositivo capaz de señalar la presencia del primer defecto a tierra, con objeto de poder eliminarlo para prevenir cualquier problema derivado de un segundo defecto a tierra. De hecho, en las peores condiciones y en caso de un segundo defecto a tierra, el interruptor automático podría verse obligado a interrumpir la corriente de falla con la tensión plena aplicada a una sola polaridad y, por consiguiente, con una tensión de arco insuficiente (véase figura).

Figura 11 Defecto doble en una red aislada de tierra



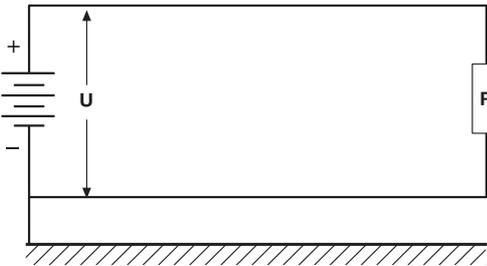
## 6.2 Red con una polaridad puesta a tierra

Este tipo de red se obtiene conectando a tierra una polaridad (ya sea la negativa o la positiva).

Este tipo de conexión permite descargar a tierra las sobretensiones debidas a la electricidad estática.

Solución habitual

Figura 12 Red con una polaridad puesta a tierra



Representación conforme a la Norma IEC 60364-1\*

Figura 13 Sistema de distribución TT CC

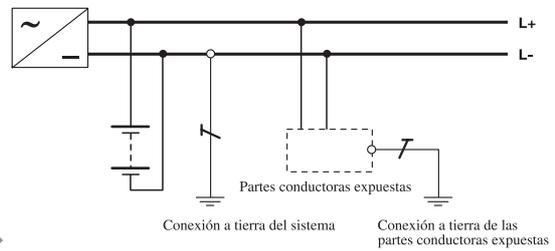
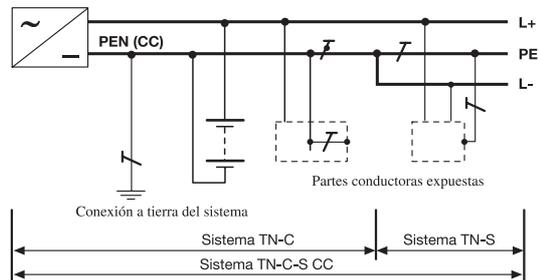


Figura 14 Sistema de distribución TN C-S CC



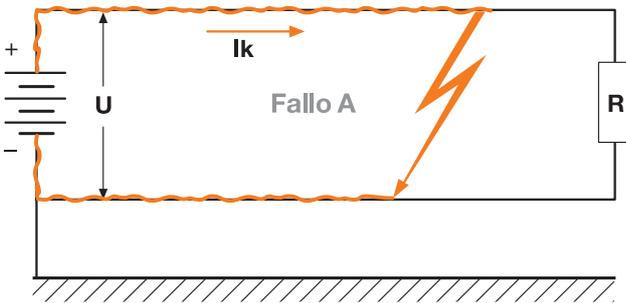
\*esta analogía es válida sólo para la puesta a tierra de la fuente de alimentación, y no para la puesta a tierra de las partes conductoras expuestas; por lo que respecta a las estipulaciones sobre contactos indirectos, consúltese la Norma IEC 60364-4.

## Tipos de defectos en una red con una polaridad puesta a tierra

(en los ejemplos siguientes, la polaridad puesta a tierra es la negativa)

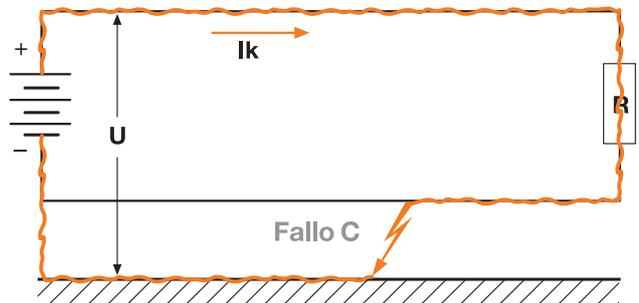
### Defecto A:

el defecto entre las dos polaridades es una corriente de cortocircuito alimentada por la plena tensión  $U$ . La capacidad de corte del interruptor automático debe elegirse en función de la corriente de cortocircuito relativa a tal defecto.



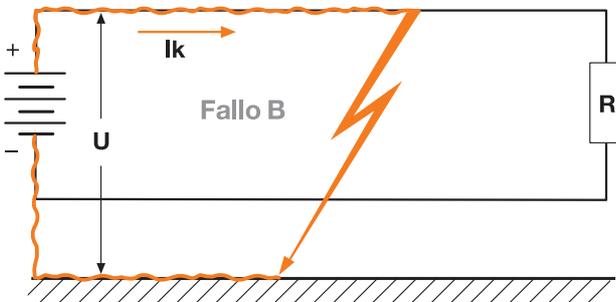
### Defecto C:

El defecto en la polaridad puesta a tierra establece una corriente que afecta a las protecciones contra sobrecorriente en función de la resistencia del terreno. Dicha corriente presenta un valor extremadamente bajo, ya que depende de la impedancia del terreno y la  $U$  es cercana a cero (dado que la caída de tensión en la carga reduce aún más su valor).



### Defecto B:

el defecto en la polaridad no puesta a tierra establece una corriente que afecta a las protecciones contra sobrecorriente en función de la resistencia del terreno.



### Conclusiones

En este tipo de red, el tipo de defecto que afecta a la versión del interruptor automático y a la conexión de los polos es un defecto A (entre las dos polaridades) aunque también es necesario tener en cuenta el defecto entre la polaridad no puesta a tierra y la propia tierra (defecto B), puesto que, como se ha descrito anteriormente, una corriente (cuyo valor depende también de la impedancia del terreno y por ello es difícil de evaluar) podría circular a plena tensión; por este motivo, todos los polos de interruptor automático necesarios para la protección deberían conectarse en serie en la polaridad no puesta a tierra.

### 6.3 Red con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra

Este tipo de red se obtiene conectando a tierra el punto medio de la batería.

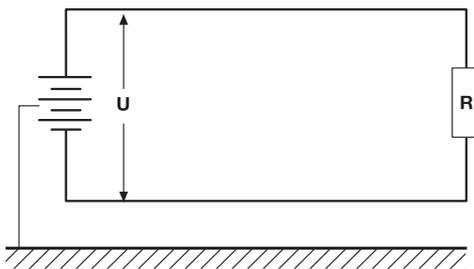
Este tipo de conexión reduce el valor de las sobretensiones

estáticas que, de lo contrario, podrían estar presentes a plena tensión en una instalación aislada.

El principal inconveniente de esta conexión, comparada con otros tipos, es que un defecto entre una polaridad, tanto negativa como positiva, y tierra genera una corriente de falla a una tensión de  $\frac{U}{2}$ .

Solución habitual

Figura 15 Red con el punto medio conectado a tierra



Representación conforme a la Norma IEC 60364-1\*

Figura 16 Sistema de distribución TT CC

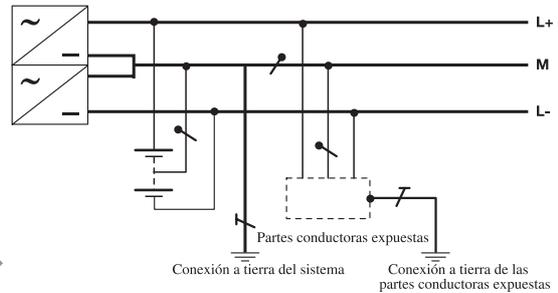
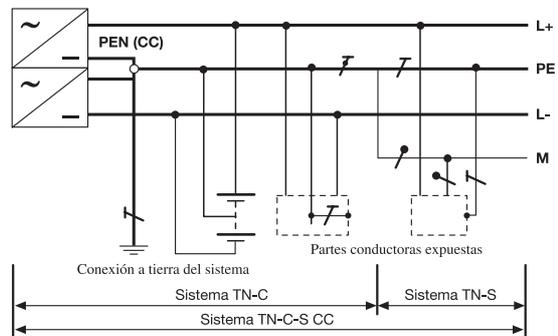


Figura 17 Sistema de distribución TN-C-S CC

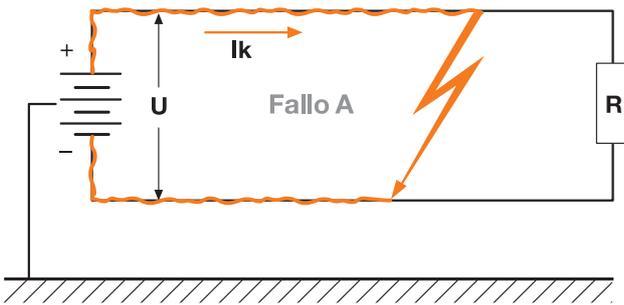


\*esta analogía es válida sólo para la puesta a tierra de la fuente de alimentación, y no para la puesta a tierra de las partes conductoras expuestas; por lo que respecta a las estipulaciones sobre contactos indirectos, consúltese la Norma IEC 60364-4.

## Tipos de defectos en una red con el punto medio conectado a tierra

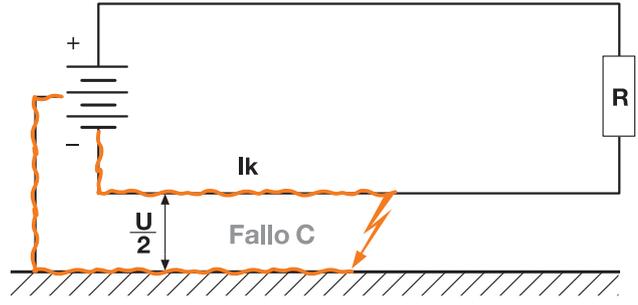
### Defecto A:

el defecto entre las dos polaridades es una corriente de cortocircuito alimentada por la plena tensión  $U$ . La capacidad de corte del interruptor automático debe elegirse en función de la corriente de cortocircuito relativa a tal defecto.



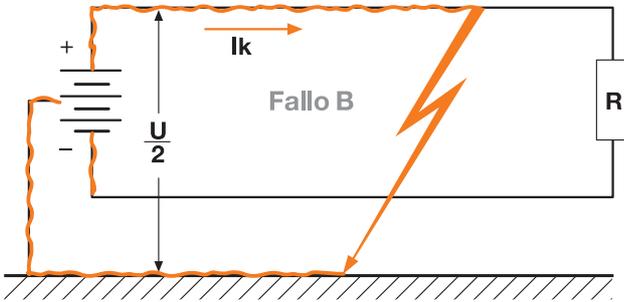
### Defecto C:

En este caso, el defecto es análogo al caso anterior, pero afecta a la polaridad negativa.



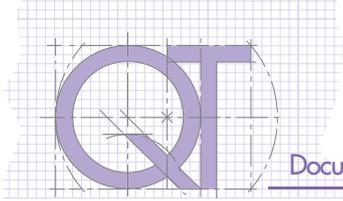
### Defecto B:

El defecto entre la polaridad y tierra genera una corriente de cortocircuito inferior a la relativa al defecto entre las dos polaridades, puesto que es alimentada por una tensión igual a  $\frac{U}{2}$  en función de la resistencia del terreno.



### Conclusión

En este tipo de red, el defecto que afecta a la versión del interruptor automático y a la conexión de los polos es el defecto A (entre las dos polaridades). Sin embargo, también es necesario tener en cuenta el defecto entre una polaridad y tierra (conforme a los diagramas superiores) puesto que, como se ha descrito anteriormente, una corriente (cuyo valor depende también de la impedancia del terreno) podría circular a una tensión igual a  $\frac{U}{2}$ . En una red con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra, el interruptor automático debe insertarse necesariamente en ambas polaridades.



## 7 Elección del dispositivo protector

Para el dimensionamiento correcto de un interruptor automático en una red de corriente continua, deben evaluarse algunos parámetros eléctricos que caracterizan al dispositivo propiamente dicho.

A continuación se ofrece una breve descripción de estos parámetros, los cuales se mencionan en las páginas siguientes.

### *Tensión de funcionamiento nominal $U_e$*

Representa el valor de tensión que determina la aplicación del equipo y al cual se refieren todos los demás parámetros típicos del equipo.

### *Corriente ininterrumpida nominal $I_u$*

Representa el valor de la corriente que el equipo puede conducir durante un tiempo indefinido (servicio ininterrumpido). Este parámetro se usa para definir el tamaño del interruptor automático.

### *Intensidad nominal $I_n$*

Representa el valor de corriente que caracteriza la unidad de disparo de protección montada en el interruptor automático y determina la característica de protección del propio interruptor automático conforme a los ajustes disponibles de la unidad de disparo.

Esta corriente se refiere a menudo a la corriente nominal de la carga protegida por el propio interruptor automático.

### *Capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito $I_{cu}$*

La capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito de un interruptor automático es el valor de corriente de cortocircuito máximo que el interruptor automático puede cortar dos veces (siguiendo la secuencia O - t - CO) a la tensión de funcionamiento nominal correspondiente. Después de la secuencia de apertura y cierre, no es necesario que el interruptor automático conduzca su corriente nominal.

### *Capacidad de corte de cortocircuito de servicio nominal $I_{cs}$*

La capacidad de corte de cortocircuito de servicio nominal de un interruptor automático es el valor de corriente de cortocircuito máximo que el interruptor automático puede cortar tres veces (siguiendo la secuencia O - t - CO - t - CO) a una tensión de funcionamiento nominal definida ( $U_e$ ) y a una constante de tiempo definida (para corriente directa). Después de esta secuencia, el interruptor automático debe conducir su corriente nominal.

### *Corriente nominal admisible de corta duración $I_{cw}$*

La corriente nominal admisible de corta duración es la corriente que el interruptor automático en la posición cerrada puede conducir durante un tiempo breve especificado en condiciones de uso y comportamiento estipuladas. El interruptor automático debe ser capaz de conducir esta corriente durante el retardo de corta duración asociado, a fin de asegurar la diferenciación entre los interruptores automáticos en serie.

**Placas de características de los interruptores automáticos**  
**Interruptores automáticos en caja moldeada Tmax para corriente continua**

TIPO DE INTERRUPTOR AUTOMÁTICO			
Serie <b>T</b>	Tamaño <b>1</b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b> <b>5</b> <b>6</b>	Capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito a 250 V CC (con dos polos en serie) <b>N</b> = 36 kA <b>S</b> = 50 kA <b>H</b> = 70 kA <b>L</b> = 85 kA (for T2) <b>L</b> = 100 kA <b>V</b> = 150 kA	Intensidad nominal ininterrumpida <b>160 A</b> <b>250 A</b> <b>320 A</b> <b>400 A</b> <b>630 A</b> <b>800 A</b>

Diagram showing the connection between the type table and the technical data plate. Labels point to specific fields in the plate:

- Intensidad nominal ininterrumpida
- Tensión de aislamiento nominal
- Tensión de funcionamiento nominal
- Tensión de resistencia a impulsos nominal
- Cumplimiento de la Norma internacional IEC60947-2: «Conjuntos de aparata de baja tensión -Interruptores automáticos»
- Part relevant to direct current according to the number of poles connected in series called to extinguish the fault at the rated operational voltage and the breaking capacities (Icu and Ics) indicated
- Según la Norma Internacional IEC 60947-2, los interruptores automáticos pueden dividirse del modo siguiente:
  - **categoría A**, p. ej. interruptores automáticos sin especificación de corriente nominal admisible de corta duración;
  - **categoría B**, p. ej. interruptores automáticos con especificación de corriente nominal admisible de corta duración.
- Marcado CE pegado en los interruptores automáticos ABB para indicar el cumplimiento de las directivas CE siguientes:
  - «Directiva de baja tensión (2006/95/EC)»
  - «Directiva de compatibilidad electromagnética (2004/108/EC)»
- Capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito (**Icu**) y capacidad de servicio nominal de corte de cortocircuito (**Ics**)

<b>Tmax T2L 160</b>	<b>Iu=160A Ue=690V Ii=800V Iimp=8kV IEC 60947-</b>					<b>Made in Italy by ABB SACE</b>		<b>CE</b>
<b>Ue (V)</b>	230	400/415	440	500	690	250	500	
<b>Icu (kA)</b>	150	85	75	50	10	85	85	
<b>Ics (% Icu)</b>	75	75	75	75	75	75	75	
<b>CaA</b>	~ 50-60Hz					2 P --- 3 P in series		

### Interrupedores automáticos abiertos Emax para corriente continua

TIPO DE INTERRUPTOR AUTOMÁTICO			
Serie E	Tam.	Capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito 500 V CC	Intensidad nominal ininterrumpida
E	2	<b>B</b> = 35 kA (E2) <b>N</b> = 50 kA (E2) <b>N</b> = 60 kA (E3) <b>S</b> = 75 kA (E4) <b>H</b> = 85 kA (E3) <b>H</b> = 100 kA (E4-E6)	800 A
	3		1.000 A
	4		1.250 A
	4		1.600 A
	6		2.000 A
	6		2.500 A
			3.200 A
			4.000 A
			5.000 A

capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito (**I<sub>cu</sub>**) y capacidad de corte de cortocircuito de servicio nominal (**I<sub>cs</sub>**)

Tensión de funcionamiento nominal (**U<sub>e</sub>**)

Intensidad nominal ininterrumpida

Corriente nominal admisible de corta duración (**I<sub>cw</sub>**)

Norma internacional IEC60947-2: «Conjuntos de aparamenta de baja tensión - Interrupedores automáticos»

<b>SACE</b> 800	I <sub>u</sub> =800A			U <sub>e</sub> =1000V	I <sub>cw</sub> =35kA x 0.5s	IEC 60947-2 made in Italy by ABB-SACE 
U <sub>e</sub> (V)	500	750	1000			
I <sub>cu</sub> (kA)	35	25	25			
I <sub>cs</sub> (kA)	35	25	25			
CatB	4P ---					

Modalidad de conexión de los polos del interruptor automático: la conexión de los polos que se muestra se realiza en fábrica por parte de ABB SACE

Según la Norma Internacional IEC 60947-2, los interruptores automáticos pueden dividirse del modo siguiente:

- **categoría A**, p. ej. interruptores automáticos sin corriente nominal admisible de corta duración;
- **categoría B** p. ej. interruptores automáticos con especificación de corriente nominal admisible de corta duración.

Marcado CE pegado a los interruptores automáticos ABB para indicar el cumplimiento de las directivas CE siguientes:

- «Directiva de baja tensión» (2006/95/EC)
- «Directiva de compatibilidad electromagnética» (2004/108/EC)

### Dimensionamiento de interruptores automáticos

En las páginas anteriores se han definido las características eléctricas principales de un interruptor automático, las cuales son necesarias para una elección correcta del interruptor automático a fin de garantizar la protección de la instalación.

Para llevar a cabo el dimensionamiento es necesario conocer las siguientes características de la red:

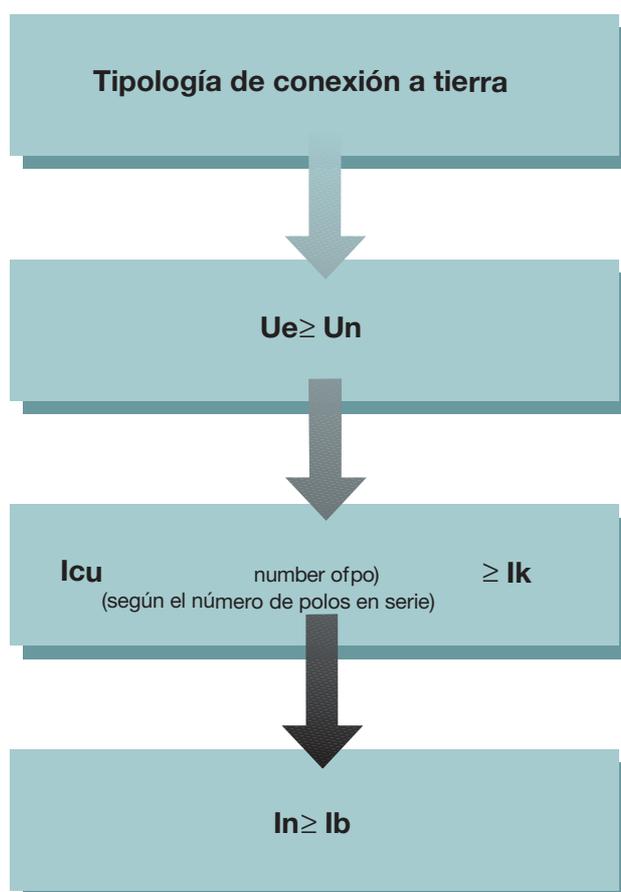
- el tipo de red (véase Capítulo 6) para definir la conexión de los polos del interruptor automático conforme a las condiciones de defecto posibles;
- la tensión nominal de una instalación ( $U_n$ ) para definir la tensión de funcionamiento ( $U_e$ ) en función de la conexión de polos mediante la verificación de la relación:  $U_n \leq U_e$ ;
- la corriente de cortocircuito en el punto de instalación del interruptor automático ( $I_k$ ) para definir la versión del interruptor automático (en función de la conexión de los polos), mediante la verificación de la relación

$I_k \leq I_{cu}$  (a las tensiones de funcionamiento nominales correspondientes  $U_e$ );

- la corriente nominal absorbida por la carga ( $I_b$ ) para definir la corriente nominal ( $I_n$ ) de la unidad de disparo termomagnética o del nuevo relé electrónico de CC (PR122-PR123/DC para Emax), mediante la verificación de la relación  $I_b \leq I_n$ .

### Procedimientos para garantizar el dimensionamiento correcto de un interruptor automático:

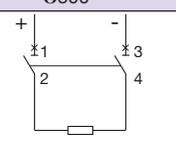
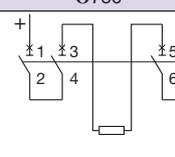
El diagrama siguiente resume de forma esquemática las elecciones que deben realizarse para dimensionar correctamente el interruptor automático en relación con las características de la instalación.



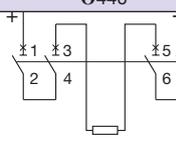
Los valores recogidos en las tablas siguientes indican las prestaciones de los interruptores automáticos, en las condiciones de defecto más adversas, que caracterizan el tipo de red considerado (véase el Capítulo 6: «Tipos de redes de CC»); las conexiones estipuladas debe realizarlas el cliente.

Por lo que respecta a las características eléctricas de los interruptores automáticos mencionados, véase el Capítulo 9 «Gama ABB».

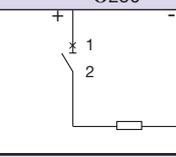
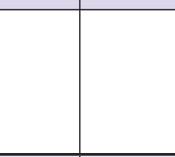
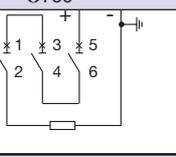
**Tabla 1-2** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos del tipo S280 UC-S800S UC) en una red aislada

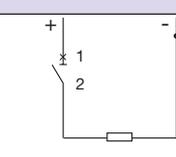
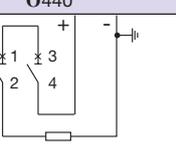
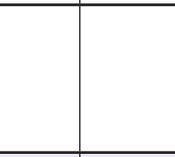
		RED AISLADA	
Tensión nominal (Un)		Ö500	Ö750
Protección + función de aislamiento			
S800S UC	In = 10...125 A	50	50

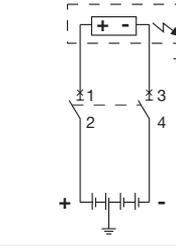
		RED AISLADA	
Tensión nominal (Un)		Ö440	
Protección + función de aislamiento			
S280 UC	In = 0,5...2 A	50	
	In = 3...40 A	6	
	In = 50...63 A	4,5	

**Tabla 3-4** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos del tipo S280 UC-S800S UC) en una red con una polaridad puesta a tierra

		RED CON UNA POLARIDAD PUESTA A TIERRA		
Tensión nominal (Un)		Ö250	Ö500	Ö750
Función de protección				
S800S UC	In = 10...125 A	50	50	50

		RED CON UNA POLARIDAD PUESTA A TIERRA		
Tensión nominal (Un)		Ö220		Ö440
Función de protección				
Protección + función de aislamiento				
S280 UC	In = 0,5...2 A	50	50	50
	In = 3...40 A	6	10	6
	In = 50...63 A	4,5	6	4,5

**Tabla 5** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos en miniatura del tipo S280 UC) en una red con el punto medio puesto a tierra

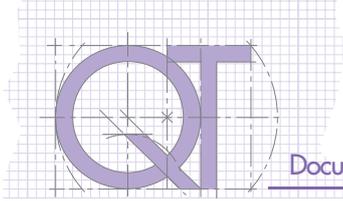
		RED CON EL PUNTO MEDIO CONECTADO A TIERRA	
Tensión nominal (Un)		≤ 220	
Protección + función de aislamiento			
S280 UC	In = 0,5...2 A	50	
	In = 3...40 A	10	
	In = 50...63 A	6	

**Tabla 6** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos en caja moldeada tipo Tmax) en una red aislada\*

		RED AISLADA				
Tensión nominal (Un)		Ö250		Ö500		Ö750
Protección + función de aislamiento						
T1 160	B	16	20		16	
	C	25	30		25	
	N	36	40		36	
T2 160	N	36	40		36	
	S	50	55		50	
	A	70	85		70	
	L	85	100		85	
T3 250	N	36	40		36	
	S	50	55		50	
T4 250/320	N	36			25	
	S	50		36	25	
	A	70		50	36	
T5 400/630	L	100		70	50	
	V	150		100	70	
T6 630/800	N	36		20	16	
	S	50		35	20	
	A	70		50	36	
	L	100		65	50	

El polo positivo (+) puede invertirse con el polo negativo (-).

\* con estos tipos de conexión de polos, se considera improbable un doble defecto a tierra (véase el Capítulo 6: «Tipos de redes de CC»)



**Tabla 7** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos en caja moldeada del tipo Tmax) en una red con una polaridad puesta a tierra (en las conexiones consideradas, la polaridad puesta a tierra es la negativa)

RED CON UNA POLARIDAD PUESTA A TIERRA							
Tensión nominal (Un)		Ø250		Ø500		Ø750	
Protección + función de aislamiento							
Protección función							
T1 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
T2 160	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
	A	70	85		70		
	L	85	100		85		
T3 250	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
T4 250/320	N	36			25		
	S	50		36	25		
	A	70		50	36		
T5 400/630	L	100		70	50		
	V	150		100	70		
	N	36		20	16		
T6 630/800	S	50		35	20		
	A	70		50	36		
	L	100		65	50		

**Tabla 8** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos en caja moldeada del tipo Tmax) en una red con el punto medio puesto a tierra

RED CON EL PUNTO MEDIO CONECTADO A TIERRA					
Tensión nominal (Un)		Ö250*	Ö500**	Ö 750	
Protección + función de aislamiento					
	T1 160	B C N	20 30 40	16 25 36	
	T2 160	N S A L	40 55 85 100	36 50 70 85	
T3 250	N S	40 55	36 50		
T4 250/320	N S A	36 50 70	25 36 50	16 25 36	
T5 400/630	L V	100 100	70 100	50 70	
T6 630/800	N S A L	36 50 70 100	20 35 50 65	16 20 36 50	

\*\* consulte a ABB en cuanto al uso de interruptores automáticos trifásicos (T4-T5-T6)

Los valores recogidos en las tablas siguientes indican las prestaciones de los interruptores automáticos, en las condiciones de defecto más adversas, que caracterizan el tipo de red considerado (véase el Capítulo 6: «Tipos de redes de CC»); las conexiones estipuladas en la tabla (realizadas en fábrica por ABB SACE) se refieren a interruptores automáticos abiertos Emax equipados con la nueva unidad de disparo electrónica de CC del tipo PR122/PR123 DC. Por lo que respecta a las características eléctricas de los interruptores automáticos mencionados, véase el Capítulo 9 «Gama ABB».

**Tablas 9-10** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos abiertos del tipo Tmax) en una red aislada y con una polaridad puesta a tierra (en las conexiones consideradas, la polaridad puesta a tierra es la negativa)

RED AISLADA*				RED CON UNA POLARIDAD PUESTA A TIERRA	
Tensión nominal (Un)	Ö500	Ö750	Ö1000	Tensión nominal (Un)	< 500**
Protección + función de aislamiento					
	E2			B	35
			N	50	
E3	N	60	50	N	60
	A	85	65	A	85
E4	S	75	65	S	75
	A	100	85	A	100
E6	A	100	85	A	100

\* con estos tipos de conexión de polos, se considera improbable un doble defecto a tierra (véase el Capítulo 6: «Tipos de redes de CC»)  
 \*\* para tensiones más elevadas, consulte a ABB

**Tabla 11** Modalidad de conexión de los polos (para interruptores automáticos abiertos de tipo Emax) en una red con el punto medio puesto a tierra

RED CON EL PUNTO MEDIO CONECTADO A TIERRA					
Tensión nominal (Un)	< 500	< 750	Ö1000		
Protección + función de aislamiento					
	E2			B	35
			N	50	
E3	N	60	50	N	60
	A	85	65	A	85
E4	S	75	65	S	75
	A	100	85	A	100
E6	A	100	85	A	100

Las tablas siguientes muestran las conexiones de polos de interruptores de desconexión Tmax conforme a la tensión de instalación; las conexiones mostradas en la tabla debe realizarlas el cliente.

**Tabla 12** Modalidad de conexión de los polos para interruptores de desconexión

Tensión nominal (Un)	Õ250	Õ500		Õ750
Conexión de polos				
T1D 160	■	-	■	-
T3D 250	■	-	■	-
T4D 250/320	■	■	-	■
T5D 400/630	■	■	-	■
T6D 630/800/1000	■	■	-	■
T7D 1000/1250/1600	■	■	■	■

**Tabla 13** Modalidad de conexión de los polos para interruptores de desconexión Emax

Tensión nominal (Un)	Õ500	Õ750	Õ1000	
Conexión de polos				
X1-E1...E6 / MS	■	-	-	-
E1...E6 E/ MS	■	■	■	■

## Elección de un interruptor automático en caja moldeada del tipo Tmax

### Ejemplo

*Características de la instalación:*

- **Tipo de red:** una polaridad (la negativa) puesta a tierra
- **Tensión de red:**  $U_n = 250 \text{ V CC}$
- **Tensión nominal absorbida por las cargas (Ib):** 450A
- **Intensidad de cortocircuito:** 40kA

*Elección del interruptor automático*

En referencia a las indicaciones de la página 23, para realizar un dimensionamiento correcto del interruptor automático deben cumplirse las siguientes estipulaciones:

- $U_e \leq U_n$
- $I_{cu} \leq I_k$
- $I_n \leq I_b$

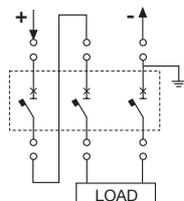
Por lo que respecta al tipo de red, debe identificarse la tabla apropiada entre las tablas 6-7-8; en este caso debe escogerse la tabla relativa a una red con una polaridad puesta a tierra (Tabla 7).

Debe identificarse la columna con los rendimientos relativos a una tensión de red superior o igual a la tensión de la instalación, en este ejemplo  $U_n = 250 \text{ V CC}$

La corriente de carga es la referencia necesaria para identificar la fila de la tabla referida a los interruptores automáticos con corriente nominal ininterrumpida  $I_u$  superior o igual a la corriente de carga; en el caso considerado como ejemplo puede utilizarse un interruptor automático del tipo Tmax T5 con  $I_u=630 \text{ A}$ .

La versión (N –S – H etc.) se escoge conforme a la relación  $I_{cu} I_k$ . En este ejemplo puede utilizarse la versión S, puesto que  $I_k=40 \text{ kA}$ .

Con estas restricciones que limitan la elección, pueden identificarse dos esquemas posibles para la conexión de polos y, suponiendo que también deba desconectarse la polaridad puesta a tierra, el esquema de conexión para utilizar es el siguiente:



De entre las corrientes nominales disponibles para las unidades de disparo termomagnéticas del interruptor automático T5S630, debe escogerse aquella con  $I_n=500 \text{ A}$ ; por lo tanto y para resumir, debe conectarse un interruptor automático termomagnético tripolar T5S630 TMA 500 tal como se muestra en la figura, es decir, con dos polos en serie en la polaridad aislada de tierra y el otro conectado a la polaridad puesta a tierra.

## Elección de un interruptor automático abierto del tipo Emax

### Ejemplo

*Características de la instalación:*

- **Tipo de red:** aislada
- **Tensión de red:**  $U_n = 500 \text{ V CC}$
- **Tensión nominal absorbida por las cargas (Ib):** 1.800A
- **Intensidad de cortocircuito:** 45kA

*Elección del interruptor automático*

En referencia a las indicaciones de la página 23, para realizar un dimensionamiento correcto del interruptor automático deben cumplirse las siguientes estipulaciones:

- $U_e \leq U_n$
- $I_{cu} \leq I_k$
- $I_n \leq I_b$

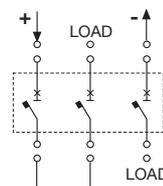
Por lo que respecta al tipo de red, debe identificarse la tabla apropiada entre las tablas 9-10-11; en este caso debe escogerse la tabla relativa a una red aislada (Tabla 9).

Debe identificarse la columna con los rendimientos relativos a una tensión de red superior o igual a la tensión de la instalación, en este ejemplo  $U_n = 500 \text{ V CC}$ .

A partir de la columna considerada, el interruptor automático que parecería apropiado por sus prestaciones en condiciones de cortocircuito es el interruptor automático del tipo E2N ( $N=50 \text{ kA} > I_k$ ), pero conforme a la tabla relativa a la corriente ininterrumpida nominal (página 39) es necesario pasar a un interruptor automático del tipo E3N, puesto que éste tiene  $I_u = 2.000 \text{ A}$  (este valor se corresponde con la  $I_n$  de la unidad de disparo), valor superior a la corriente absorbida por las cargas; de esta manera se cumple la tercera relación.

Por ello, el interruptor automático apropiado es un interruptor automático tripolar del tipo E3N 2000 con PR1122-123/CC  $I_n=2.000 \text{ A}$  (la conexión de los polos se realiza en fábrica por parte de ABB SACE).

La solución de la tabla muestra las conexiones entre el interruptor automático tripolar, la carga y la fuente de alimentación.



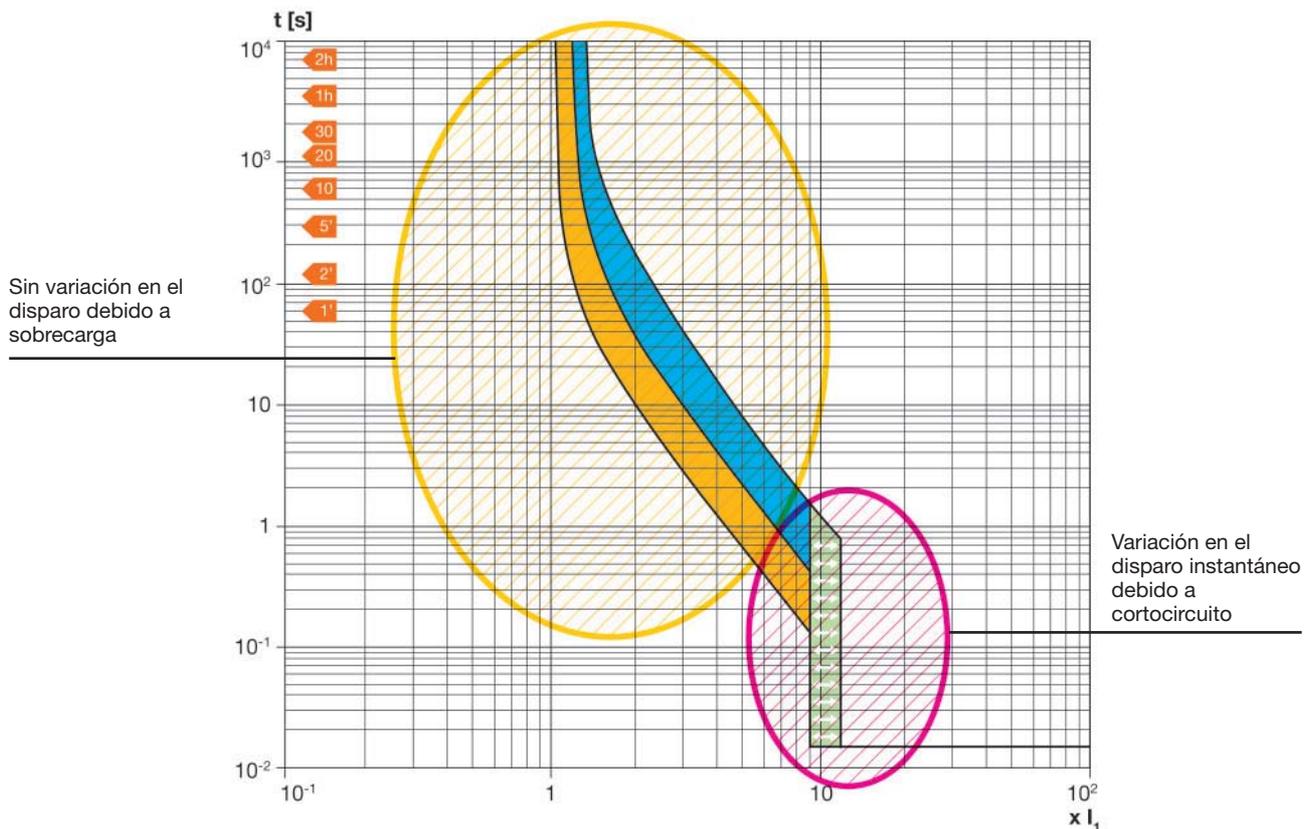
## 8 Uso de equipamiento de corriente alterna en corriente continua

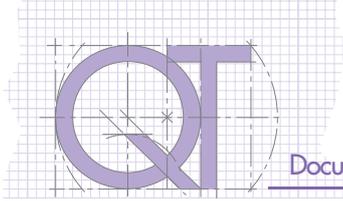
### 8.1 Variación del disparo magnético

Las unidades de disparo termomagnéticas montadas en interruptores automáticos de corriente alterna también están indicadas para su uso con corriente continua.

La parte relevante para la protección térmica no cambia con referencia a su característica de disparo, puesto que las tiras bimetálicas de las unidades de disparo son influidas por el calentamiento que provoca el flujo de corriente, independientemente de si ésta es alterna o continua: de hecho, las tiras bimetálicas son sensibles al valor eficaz.

Por lo que respecta a la protección instantánea contra cortocircuito debido a fenómenos ferromagnéticos, el disparo instantáneo se produce a un valor diferente en comparación con el caso análogo en corriente alterna (el área verde en la figura muestra la variación del disparo magnético). Un coeficiente denominado  $k_m$ , variable en función del interruptor automático y del tipo de conexión de sus polos, permite derivar el umbral del disparo instantáneo de corriente continua a partir del valor relevante en corriente alterna; en consecuencia, este coeficiente debe ser aplicado al umbral  $I_3$ .





Por el contrario, no se reducen los valores nominales para los interruptores automáticos de la serie Emax equipados con los nuevos relés electrónicos de CC del tipo PR122-PR123/DC, puesto que los tiempos de disparo son conformes a la curva establecida en la unidad de disparo electrónica.

La tabla siguiente indica el coeficiente km con arreglo al tipo de interruptor automático y a la modalidad de conexión de los polos (los diagramas mostrados son válidos para todos los tipos de redes, puesto que el coeficiente km depende exclusivamente de las características de los interruptores automáticos).

**Tabla 14** Coeficiente km conforme a la modalidad de conexión de los polos del interruptor automático

Barras de modalidad	Interruptor automático					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	1
	-	-	-	-	-	0.9

**Ejemplo**

Con un interruptor automático del tipo T2N 160 TMD  $I_n=160$  (con disparo magnético de CA.  $I_3=10 \times I_n$ ) y escogiendo una conexión de polos correspondiente a la primera figura de la Tabla 14, es posible visualizar el coeficiente km igual a 1,3; el disparo magnético de CC debe ser igual a:

$$I_3 = 10 \times I_n \times k_m = 10 \times 160 \times 1,3 = 2.080 \text{ A} \quad (\pm 20\% \text{ tolerancia})$$

## 8.2 Conexión de los polos del interruptor automático en paralelo

Los interruptores automáticos en caja moldeada de la serie Tmax equipados con unidades de disparo termomagnéticas pueden utilizarse tanto para corriente alterna como para corriente continua; si se usan para aplicaciones de CC, están disponibles para una corriente nominal desde 1,6 A (interruptores automáticos T2) hasta 800 A (interruptores automáticos T6).

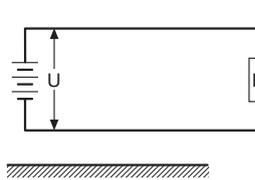
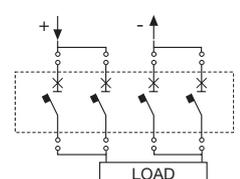
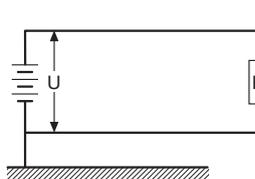
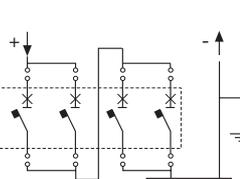
Para aplicaciones en las que se requieran corrientes más elevadas, es posible conectar los polos del interruptor automático en paralelo, a fin de poder obtener la capacidad de conducción de corriente requerida.

Al escoger un interruptor automático, es necesario considerar el hecho de que la conexión de los polos en paralelo implica, además de la variación del disparo magnético, la reducción de la corriente nominal de la unidad de disparo; dicha reducción del valor nominal varía en función del número de polos conectados en paralelo.

La tabla siguiente recoge los factores de corrección para el polo conectado en paralelo (si se usa un interruptor automático tetrapolar, el conductor neutro debe estar siempre al 100%):

derrateo coeficiente	número de polos en paralelo		
	2	3	4 (neutro al 100%)
	0,9	0,8	0,7

La tabla siguiente muestra las conexiones de polos en paralelo con la reducción de valores nominales correspondiente y las prestaciones en condiciones de cortocircuito en relación con el tipo de red adoptado:

tipo de red	conexión de los polos en paralelo	características eléctricas
<p>red aislada</p> 		<p>Para obtener dicha conexión es necesario usar un interruptor automático tetrapolar con el conductor neutro al 100%. Con un interruptor automático del tipo T6 800, los ajustes disponibles son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- corriente de línea máxima = 1.440 A</li> <li>- disparo instantáneo = 14.400 A (±20% tolerancia)</li> </ul> <p>Esta aplicación puede obtenerse con una tensión de instalación no superior a 500 V CC. Las capacidades de corte son (conforme a las diferentes versiones):</p> <p>N= 36 kA con Un&lt; 250 V CC - 20 kA con Un&lt; 500 V CC S= 50 kA con Un&lt; 250 V CC. - 35 kA con Un&lt; 500 V CC H= 70 kA con Un&lt; 250 V CC - 50 kA con Un&lt; 500 V CC L= 100 kA con Un&lt; 250 V CC - 65 kA con Un&lt; 500 V CC</p>
<p>red con una polaridad puesta a tierra</p> 	<p>función de protección sin función de aislamiento</p> 	<p>Para obtener dicha conexión es necesario usar un interruptor automático tetrapolar con el conductor neutro al 100%. Con un interruptor automático del tipo T6 800, los ajustes disponibles son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- corriente de línea máxima = 1.440 A</li> <li>- disparo instantáneo = 12.960 A (±20% tolerancia)</li> </ul> <p>Esta aplicación puede obtenerse con una tensión de instalación no superior a 500 V CC. Las capacidades de corte son (conforme a las diferentes versiones):</p> <p>N= 36 kA con Un&lt; 250 V CC - 20 kA con Un&lt; 500 V CC S= 50 kA con Un&lt; 250 V CC. - 35 kA con Un&lt; 500 V CC H= 70 kA con Un&lt; 250 V CC - 50 kA con Un&lt; 500 V CC L= 100 kA con Un&lt; 250 V CC - 65 kA con Un&lt; 500 V CC</p>

Por ejemplo, al utilizar un interruptor automático del tipo T6N 800 y conectar dos polos en paralelo para cada polaridad, la corriente ininterrumpida nominal debe ser igual a:

$$I_n = I_n \times n^{\circ} \text{ de polos en paralelo} \times K = 800 \times 2 \times 0.9 = 1440 \text{ A}$$

No obstante, es necesario tener en cuenta los tipos de defecto probables en relación con la disposición de puesta a tierra de la instalación.

ABB SACE desaconseja la conexión en paralelo, ya que resulta muy difícil realizar una conexión que pueda garantizar que las corrientes que fluyen en los polos del interruptor automático estén perfectamente equilibrados. Por ello, para corrientes de funcionamiento nominales superiores a 800 A, se recomienda el uso de interruptores automáticos abiertos de la serie Emax equipados con relés electrónicos del tipo PR122 - PR123/DC.

## 9 Gama ABB

### 9.1 Interruptores automáticos

ABB SACE ofrece la siguiente gama de productos para la protección y desconexión de redes de CC.

#### Interruptores automáticos

Los interruptores automáticos, que son dispositivos que desempeñan la función de protección contra sobrecorrientes, están divididos en tres familias:

#### Interruptores automáticos

Para el uso con corriente continua están disponibles interruptores automáticos en miniatura de la serie S280 UC, así como de las series S800S UC y S800 PV.

Los interruptores automáticos en miniatura de la serie S280 UC cumplen la Norma IEC 60947-2 y difieren de las versiones estándar por el hecho de que están equipados con elementos magnéticos permanentes en las cámaras de arco internas. Dichos elementos permiten extinguir el arco eléctrico hasta tensiones iguales a 440 V CC

La presencia de estos elementos magnéticos permanentes establece la polaridad del interruptor automático (positiva o negativa); en consecuencia, su conexión debe realizarse conforme a la polaridad indicada en los interruptores automáticos.

Una conexión incorrecta de las polaridades podría dañar el interruptor automático.

Los interruptores automáticos de la serie S280 UC, versión especial para aplicaciones de CC, están disponibles con características B, C, K y Z.



Por lo que respecta a las modalidades de conexión de los polos conforme al tipo de red y a la tensión de alimentación, véanse las tablas del Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».

La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos en miniatura del tipo S280 UC:

			S280 UC	
			CEI EN 60947-2	
Norma de referencia			CEI EN 60947-2	
Intensidad nominal $I_n$	[A]		0,5 $\hat{O}I_n$ $\hat{O}40$	50 $\hat{O}I_n$ $\hat{O}63$
Polos			1P, 2P	
Tensión nominal $U_e$	1P	[V]	220 V CC	
	2P, 3P, 4P	[V]	440 V CC	
Tensión de aislamiento $U_i$		[V]	500	
Tensión de funcionamiento máx. $U_b$ max	CC 1P	[V]	220 V CC	
	CC 2P	[V]	440 V CC	
"Capacidad de corte nominal IEC 60947-2 1P - 220 V CC, 2P - 440 V CC"	$I_{cu}$	[kA]	6	4.5
	$I_{cs}$	[kA]	6	4.5
Tensión nominal del impulso (1,2/50) $U_{imp}$		[kA]	5	
Tensión de prueba dieléctrica a frecuencia industrial durante 1 min.		[kV]	3	
Características del relé termomagnético	B: $3I_n < I_m < 5 I_n$		■	
	C: $5I_n < I_m < 10 I_n$		■	
	K: $8I_n < I_m < 14 I_n$		■	
	Z: $2I_n < I_m < 3 I_n$		■	
Número de operaciones eléctricas			10000	
Número de operaciones mecánicas			20000	

A diferencia de la serie S280 UC, los interruptores automáticos en miniatura de la serie S800S UC pueden conectarse sin respetar la polaridad (+/-).



Para los interruptores automáticos de la serie S800S UC, las curvas características disponibles son B y K y ambos tipos poseen corrientes nominales de hasta 125 A y una capacidad de corte de 50 kA.

Por lo que respecta a las modalidades de conexión de los polos conforme al tipo de red y a la tensión de alimentación, véanse las tablas del Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».

La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos en miniatura del tipo S800S UC:

			S800S UC
Norma de referencia			IEC 60947-2
Intensidad nominal $I_n$	[A]		10...125
Polos			10...125
Tensión nominal $U_e$	CC/polos	[V]	250
Tensión de funcionamiento máx. $U_b$ max	CC/polos		250
Tensión de aislamiento $U_i$	CC/polos	[V]	250
Tensión nominal del impulso $U_{imp}$	CC/polos	[kV]	8
Capacidad definitiva nominal de corte en cortocircuito $I_{cu}$ IEC 60947-2		[kA]	50
Capacidad nominal de corte en cortocircuito de servicio $I_{cs}$ IEC 60947-2		[kA]	50
Apto para aislamiento de conformidad con CEI EN 60947-2		[kA]	3
Características del relé termomagnético	B: $4I_n < I_m < 7 I_n$		■
	K: $7I_n < I_m < 14 I_n$		■

La serie de productos S800 PV incluye dispositivos apropiados para su uso en circuitos de CC con altas tensiones, típicos de las instalaciones fotovoltaicas (en la sección de conexión entre los paneles y el convertidor).

Esta serie abarca tanto los interruptores automáticos de resistencia termomagnéticos del tipo S800 PV-S, equipados con doble cámara de arco para la extinción de cortocircuitos con tensiones de hasta 1.200 V CC, como los interruptores de desconexión en miniatura del tipo S800 PV-M, los cuales cumplen la Norma IEC 60947-3 y garantizan la desconexión completa en el lado CC. de una instalación fotovoltaica.



La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos en miniatura y los interruptores de desconexión de la serie S800 PV.

		S800 PV-S	S800 PV-M
Norma de referencia		IEC 60947-2	IEC 60947-3
Corriente nominal de servicio, I <sub>n</sub> [A]		10...80	32,125
Polos		2...4	2...4
Tensión de servicio nominal, U <sub>e</sub>	2 polos (CC)* [V]	800	
	3 polos (CC)* [V]	1200	
	4 polos (CC)* [V]	1200	
Tensión nominal de aislamiento, U <sub>i</sub> [V]		1500	
Tensión de resistencia a impulsos nominal, U <sub>imp</sub> [kV]		8	
Corriente nominal definitiva de cortocircuito, I <sub>cu</sub> conforme a IEC 60947-2	800 V CC (2 polos)* [kA]	5	-
	1.200 V CC (3 polos)* [kA]	5	-
	1.200 V CC (4 polos)* [kA]	5	-
Capacidad de corte de servicio nominal en cortocircuito, I <sub>cs</sub> conforme a IEC 60947-2	800 V CC (2 polos)* [kA]	5	-
	1.200 V CC (3 polos)* [kA]	5	-
	1.200 V CC (4 polos)* [kA]	5	-
Corriente nominal admisible de corta duración, I <sub>cw</sub> conforme a IEC 60947-3	800 V CC (2 polos)* [kA]	-	1.5
	1.200 V CC (3 polos)* [kA]	-	1.5
	1.200 V CC (4 polos)* [kA]	-	1.5
Capacidad de cierre en cortocircuito nominal, I <sub>cm</sub> conforme a IEC 60947-3	800 V CC (2 polos)* [kA]	-	0,5
	1.200 V CC (3 polos)* [kA]	-	0,5
	1.200 V CC (4 polos)* [kA]	-	0,5
Categoría de uso		A	CC-21 A

\* Véanse los diagramas de conexión

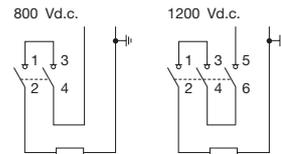
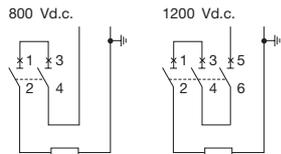
En cuanto a las conexiones de polos, véanse las siguientes modalidades:

Uso de interruptores automáticos termomagnéticos tipo S 800 PV-S en corriente continua

Uso de interruptores de desconexión tipo S 800 PV-M en corriente continua

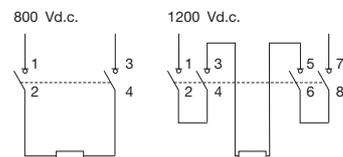
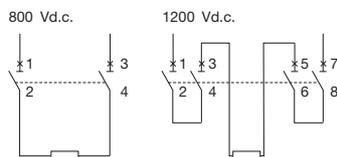
Red de panel fotovoltaico con una polaridad puesta a tierra

Red de panel fotovoltaico con una polaridad puesta a tierra



Red de panel fotovoltaico en sistemas aislados de tierra

Red de panel fotovoltaico en sistemas aislados de tierra



### Interruptores automáticos en caja moldeada

Los interruptores automáticos en caja moldeada de la serie Tmax, conformes a la Norma IEC 60947-2 y equipados con unidades de disparo termomagnéticas, están divididos en seis tamaños básicos, con un ámbito de aplicación de 1,6 A a 800 A y capacidades de corte de corriente desde 16 kA hasta 150 kA (a 250 V CC con dos polos en series). La tensión de funcionamiento nominal mínima es de 24 V CC. Los interruptores automáticos en caja moldeada disponibles son:

- interruptores automáticos Tmax de los tipos T1, T2, T3 y T4 (hasta 50 A) equipados con unidades de disparo termomagnéticas TMD con umbral térmico ajustable ( $I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$ ) y umbral magnético fijo ( $I_3^* = 10 \times I_n$ );
- interruptores automáticos Tmax de los tipos T2, T3 y T5 equipados con unidades de disparo termomagnéticas TMG con umbral térmico bajo para la protección de cables largos; poseen un umbral térmico ajustable ( $I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$ ) y umbral magnético fijo ( $I_3^* = 3 \times I_n$ ) o ajustable ( $I_3^* = 2,5 \dots 5 \times I_n$ );
- interruptores automáticos Tmax de los tipos T4, T5 y T6 con unidades de disparo termomagnéticas TMA con umbral térmico ajustable ( $I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$ ) y umbral magnético ajustable ( $I_3^* = 5 \dots 10 \times I_n$ ).

Por lo que respecta a la modalidad de conexión de los polos requerida conforme al tipo de red y a la tensión de alimentación, véase el Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».



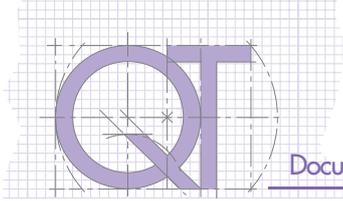
Los interruptores automáticos tripolares de los tipos T2, T3 y T4 también pueden estar provistos con las unidades de disparo únicamente magnéticas MF y MA.

\*Tal como se explica en el Capítulo 8 «Uso de equipos de corriente alterna con corriente continua», el valor de umbral de disparo varía dependiendo del la modalidad de conexión de los polos.

La tabla siguiente recoge las prestaciones eléctricas de los interruptores automáticos de CC en caja moldeada del tipo Tmax.

		T1 1P			T1			T2			T3			T4			T5			T6					
Corriente ininterrumpida nominal, I <sub>n</sub>	(A)	160	160	160	250	250/320	400/630	630/800																	
Polos	(N.º)	1	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4																	
Tensión de servicio nominal, U <sub>e</sub>	V	125	500	500	500	750	750	750																	
Tensión de resistencia a impulsos nominal, U <sub>imp</sub>	kV	8	8	8	8	8	8	8																	
Tensión nominal de aislamiento, U <sub>i</sub>	V	500	800	800	800	1000	1000	1000																	
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 min.	V	3000	3000	3000	3000	3500	3500	3500																	
Corriente nominal definitiva de cortocircuito, I <sub>cu</sub>			B	C	N	N	S	A	L	N	S	N	S	A	L	V	N	S	A	L	V	N	S	A	L
250 V CC - 2 polos en serie	(kA)	25 (hasta 125 V)	16	25	36	36	50	70	85	36	50	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100
250 V CC - 3 polos en serie	(kA)	-	20	30	40	40	55	85	100	40	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500 V CC - 2 polos en serie	(kA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	36	50	70	100	25	36	50	70	100	20	35	50	65
500 V CC - 3 polos en serie	(kA)	-	16	25	36	36	50	70	85	36	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
750 V CC - 3 polos en serie	(kA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70	16	20	36	50
Categoría de uso (IEC 60947-2)		A	A			A			A			A			B (400 A)(1) - A (630 A)			B (2)							
Comportamiento de aislamiento		■	■			■			■			■			■			■							
Relés termomagnéticos																									
T fijo, M fijo	TMF	■	-			-			-			-			-			-							
T ajustable, M fijo	TMD	-	■			■			■			■ (hasta 50A)			-			-							
T ajustable, M ajustable (5...10 x I <sub>n</sub> )	TMA	-	-			-			-			■ (hasta 250A)			■			■							
T ajustable, M fijo (3 x I <sub>n</sub> )	TMG	-	-			■			■			-			-			-							
T ajustable, M fijo (2,5...5 x I <sub>n</sub> )	TMG	-	-			-			-			-			■			-							
Intercambiabilidad		-	-			-			-			■			■			■							
Versiones		F	F-P			F-P			F-P			F-P-W			F-P-W			F-W							

(1) I<sub>cu</sub>=5 kA  
(2) I<sub>cu</sub>=7,6 kA (630 A) - 10 kA (800 A)



La tabla siguiente recoge las corrientes nominales disponibles para los interruptores automáticos con los diferentes tipos de unidades de disparo.

In	T1 160		T2 160		T3 250		T4 250/320		T5 400/630		T6 630/800
	TMD	TMG	TMG	TMD	TMG	TMD	TMD	TMA	TMG	TMA	TMA
1.6				■							
2				■							
2.5				■							
3.2				■							
4				■							
5				■							
6.3				■							
8				■							
10				■							
12.5				■							
16	■	■	■								
20	■		■				■				
25	■	■	■								
32	■		■				■				
40	■	■	■	■							
50	■		■				■				
63	■	■	■	■	■						
80	■	■	■	■	■			■			
100	■	■	■	■	■			■			
125	■	■	■	■	■			■			
160	■	■	■	■	■			■			
200				■	■			■			
250				■	■			■			
320									■	■	
400									■	■	
500									■	■	
630											■
800											■

In	T2 160		T3 250	T4 250/320
	MF	MA	MA	MA
1	■			
1.6	■			
2	■			
2.5	■			
3.2	■			
4	■			
5	■			
6.5	■			
8.5	■			
10				■
11	■			
12.5	■			
20		■		
25				■
32		■		
52		■		■
80		■		■
100		■	■	■
125			■	■
160			■	■
200			■	■

Leyenda

- TMG= relé termomagnético con umbral magnético bajo
- TMF = relé termomagnético con umbral térmico y magnético fijo
- TMD = relé termomagnético con umbral térmico ajustable y umbral magnético fijo
- TMA = relé termomagnético con umbrales térmico y magnético ajustables
- MF = relé sólo magnético fijo
- MA = relé sólo magnético ajustable

### Interruptores automáticos abiertos

Los interruptores automáticos abiertos de la serie Emax, conformes a la Norma IEC 60947-2 y equipados con los nuevos relés electrónicos de CC del tipo PR122/DC-PR123/DC, están divididos en cuatro tamaños básicos, con un ámbito de aplicación de 800 A (con interruptor automático E2) hasta 5.000 A (con interruptor automático E6) y capacidades de corte de corriente desde 35 kA hasta 100 kA (a 500 V CC).

Si se utiliza el módulo de tensión dedicado PR120/LV, la tensión de funcionamiento nominal mínima se iguala a 24 V CC.

Por lo que respecta a la modalidad de conexión de los polos requerida conforme al tipo de red y a la tensión de alimentación, véase el Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».

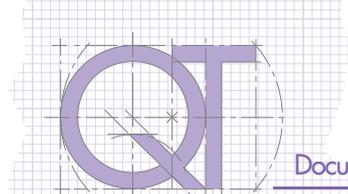
Gracias a su tecnología exclusiva, los nuevos relés electrónicos de CC del tipo PR122/DC-PR123/DC diseñados por ABB SACE permiten cubrir cualquier posible necesidad de la instalación y desempeñar las funciones de protección anteriormente sólo disponibles para aplicaciones de CA.

Los interruptores automáticos de la serie Emax DC conservan inalteradas las dimensiones globales y los accesorios eléctricos y mecánicos comunes a la gama Emax para aplicaciones de CA.



La siguiente tabla recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos abiertos del tipo Emax DC

		E2		E3		E4		E6
Corriente ininterrumpida nominal, I <sub>n</sub>	(A)	B	N	N	A	S	A	A
	(A)	800	1600	800	1600	1600	3200	3200
	(A)	1000		1000	2000	2000		4000
	(A)	1250		1250	2500	2500		5000
	(A)	1600		1600		3200		
	(A)			2000				
	(A)			2500				
Polos	(N.º)	3/4		3/4		3/4		3/4
Tensión de funcionamiento nominal, U <sub>e</sub>	V	< 1000		< 1000		< 1000		< 1000
Tensión de resistencia a impulsos nominal, U <sub>imp</sub>	kV	12		12		12		12
Tensión nominal de aislamiento, U <sub>i</sub>	V	1000		1000		1000		1000
Capacidad definitiva nominal de corte en cortocircuito, I <sub>cu</sub>	500 VCC (kA)	35	50	60	85	75	100	100
	750 VCC (kA)	25	35	50	65	65	85	85
	1.000 VCC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Capacidad nominal de corte en cortocircuito en servicio, I <sub>cs</sub>	500 VCC (kA)	35	50	60	85	75	100	100
	750 VCC (kA)	25	35	50	65	65	85	85
	1.000 VCC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Corriente nominal admisible de corta duración, I <sub>cw</sub> (0,5 s)	500 VCC (kA)	35	50	35	65	75	100	100
	750 VCC (kA)	25	35	35	65	65	85	85
	1.000 VCC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Categoría de uso (IEC 60947-2)		B		B		B		B
Comportamiento de aislamiento		■		■		■		■
Protección contra sobrecorriente	PR122/DC	■		■		■		■
	PR123/DC	■		■		■		■



Además de las funciones de protección «estándar» (esto es, protección contra sobrecarga y cortocircuito), las nuevas unidades de disparo del tipo PR122-PR123DC ofrecen algunas funciones de protección «avanzadas»; todas las funciones disponibles se recogen en la tabla siguiente:

### Características

Funciones de protección		PR122	PR123
<b>L</b>	Protección contra sobrecarga con disparo de retardo largo inverso	■	■
<b>S</b>	Protección selectiva contra cortocircuito con disparo de retardo largo inverso o definido	■	■
<b>S</b>	Segunda protección selectiva contra cortocircuito con disparo de retardo largo inverso o definido		■
<b>I</b>	Protección contra cortocircuito instantáneo con umbral de corriente de disparo ajustable	■	■
<b>G</b>	Protección contra defecto a tierra		■
<b>U</b>	Protección contra desequilibrio de fases		■
<b>OT</b>	Protección contra el exceso de temperatura (comprobación)	■	■
<b>UV</b>	Protección contra subtensión		■
<b>OV</b>	Protección contra sobretensión		■
<b>RP</b>	Protección contra potencia inversa activa		■
<b>M</b>	Memoria térmica para las funciones L y S	■	■

Para más información, véase el Anexo del catálogo técnico Emax

Las nuevas unidades de disparo electrónicas, gracias a una nueva interfaz hombre-máquina, posibilitan un control total del sistema. Más concretamente, dichos relés desempeñan las siguientes funciones de medición y control:

Mediciones	PR122/DC-PR123/DC
Corrientes	■
Tensión	■ <sup>(1)</sup>
Power (potencia)	■ <sup>(1)</sup>
Energía	■ <sup>(1)</sup>
<b>Marcado de eventos y datos de mantenimiento</b>	
Marcado del evento con la hora en que se produjo	■
Almacenamiento cronológico de eventos	■
Recuento del número de operaciones y desgaste de contactos	■
<b>Comunicación con sistema de supervisión y control centralizado</b>	
Parametrización remota de las funciones de protección, configuración de la unidad, comunicación	opc. <sup>(2)</sup>
Transmisión de medidas, estados y alarmas desde el interruptor automático al sistema	opc. <sup>(2)</sup>
Transmisión de los eventos y datos de mantenimiento desde el interruptor automático al sistema	opc. <sup>(2)</sup>
<b>Vigilante</b>	
Alarma y disparo para relé de exceso de temperatura	■
Comprobación de estado del relé	■
<b>Interfaz de usuario</b>	
Preajuste de parámetros mediante teclas y visualizador LCD	■
Señales de alarma para las funciones L, S, I y G	■
Señal de alarma de una de las protecciones siguientes: subtensión, sobretensión, tensión residual, inversión activa de potencia, desequilibrio de fases, exceso de temperatura	■
Gestión completa de prealarmas y alarmas para todas las funciones de protección de autocontrol	■
Habilitar contraseña para su uso en consultas en modo «LECTURA» o para consultas y ajustes en modo «EDITAR»	■
<b>Control de carga</b>	
Conexión y desconexión de carga conforme a la corriente que circula por el interruptor automático	■
<b>Selectividad de zonas</b>	
Puede activarse para las funciones de protección S, G <sup>(1)</sup>	■

(1) sólo para PR 123/DC

(2) con módulo de comunicación PR120/D-M

## 9.2 Interruptores de desconexión

Para desempeñar la función de aislamiento y cortar el suministro eléctrico desde todas las secciones o desde una sección específica de la instalación de CC, la gama de productos que ofrece ABB SACE es la siguiente:

### - Interruptores de desconexión derivados de interruptores automáticos en caja moldeada Tmax

Los interruptores de desconexión Tmax se derivan de los correspondientes interruptores automáticos, de los cuales conservan inalteradas las dimensiones globales, las versiones, los sistemas de fijación y la posibilidad de montar los mismos accesorios. Esta versión se diferencia de los interruptores automáticos únicamente por la ausencia de las unidades de disparo de protección.

Estos interruptores de desconexión pueden utilizarse hasta 750 V CC. (con T4D-T5D-T6D-T7D).

Por lo que respecta a las modalidades de conexión de los polos requeridas conforme a la tensión de alimentación, véanse las tablas del Capítulo 7: «Elección del dispositivo protector».

La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores de desconexión derivados de los interruptores automáticos en caja moldeada Tmax:

		Tmax T1D	Tmax T3D	Tmax T4D	Tmax T5D	Tmax T6D	Tmax T7D
Corriente térmica convencional I <sub>th</sub>	[A]	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Servicio nominal en categoría DC22	[A]	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Polos [N.º]		3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Tensión de servicio nominal, U <sub>e</sub>	[V]	500	500	750	750	750	750
Tensión de resistencia a impulsos nominal, U <sub>imp</sub> [kV]	[kV]	8	8	8	8	8	8
Tensión nominal de aislamiento, U <sub>i</sub>	[V]	800	800	800	800	1000	1000
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto	[V]	3000	3000	3000	3000	3500	3000
Corriente nominal admisible de corta duración I <sub>cw</sub>	[kA]	2	3,6	3,6	6	15	20
Norma de referencia		IEC 60947-3	IEC 60947-3				
Versiones		F	F-P	F-P-W	F-P-W	F-W	F-W

### - Interruptores de desconexión derivados de interruptores automáticos abiertos Emax

Los interruptores de desconexión Emax se derivan de los correspondientes interruptores automáticos, de los cuales conservan las dimensiones globales y la posibilidad de montar los mismos accesorios. Esta versión se diferencia de los interruptores automáticos únicamente por la ausencia de unidades de disparo de sobrecorriente. Estos interruptores de desconexión

están disponibles tanto en versión fija como extraíble, tripolar o tetrapolar, y pueden utilizarse conforme a la categoría de uso DC 23A (conmutación de motores u otras cargas altamente inductivas, p. ej. motores en serie). Por lo que respecta a las modalidades de conexión de los polos requerida conforme a la tensión de alimentación, véase la Tabla 13.

La tabla siguiente recoge las características eléctricas del interruptor de desconexión Emax

		X1B/MS	E1N/MS	E2B/MS	E2N/MS	E2S/MS	E3N/MS	E3S/MS	E3V/MS	E4S/MS	E4H/fMS	E4H/MS	E6H/MS	E6H/fMS
Corriente nominal ininterrumpida (a 40°C) I <sub>u</sub>	[A]	1000	800	1600	1000	1000	2500	1000	800	4000	3200	3200	4000	4000
	[A]	1250	1000	2000	1250	1250	3200	1250	1250		4000	4000	5000	5000
	[A]	1600	1250		1600	1600		1600	1600				6300	6300
	[A]		1600		2000	2000		2000	2000					
	[A]							2500	2500					
	[A]							3200	3200					
Tensión de funcionamiento nominal U <sub>e</sub>	[V -]	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Tensión nominal de aislamiento U <sub>i</sub>	[V -]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensión de resistencia a impulsos nominal U <sub>imp</sub>	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Corriente nominal admisible de corta duración I <sub>cw</sub>	1 s [kA]	42	50	42	55	65	65	75	85	75	85	100	100	100
	3 s [kA]		36	42	42	42	65	65	65	75	75	75	85	85

# Anexo A

Anexo A

## Sistemas de distribución de corriente continua

La Norma IEC 60364-1 define los sistemas de distribución de corriente continua de forma análoga a los de corriente alterna:

### Sistema TT

una polaridad del sistema y las partes conductoras expuestas están conectadas a dos dispositivos de puesta a tierra eléctricamente independientes. Si fuera preciso, el punto medio de la fuente de alimentación puede conectarse a tierra.

Figura 18 Sistema TT de CC

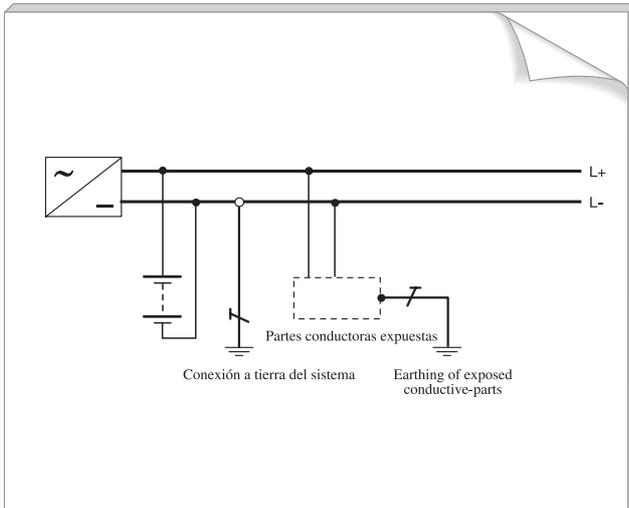
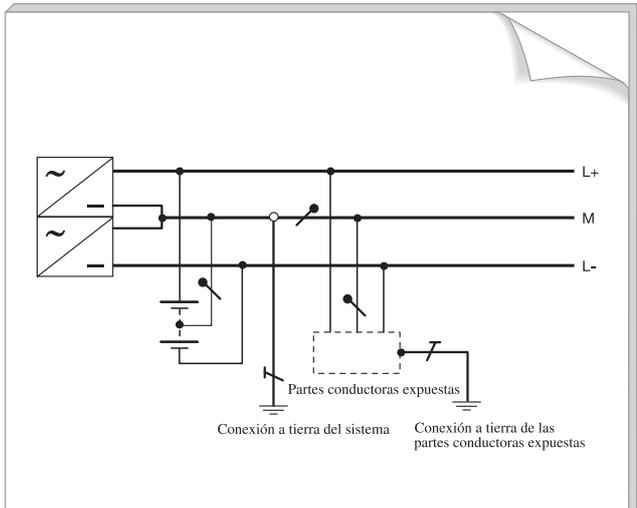


Figura 19 Sistema TT de CC con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra



La decisión de poner a tierra la polaridad positiva o la negativa se toma en función de consideraciones no tratadas en este Anexo.

### Sistema TN

una polaridad, o el punto medio de la fuente de alimentación, está puesta a tierra directamente; las partes conductoras expuestas están conectadas al mismo punto puesto tierra. Se distingue entre tres tipos de sistema TN, dependiendo de si la polaridad puesta a tierra y el conductor protector están o no separados:

**1.Sistema TN-S** – el conductor de la polaridad conectada tierra y el conductor protector PE están separados

Figura 20 Sistema de distribución TN-S de CC

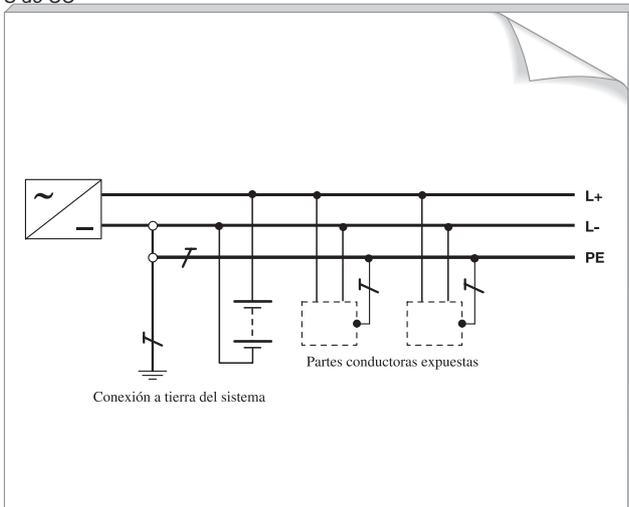
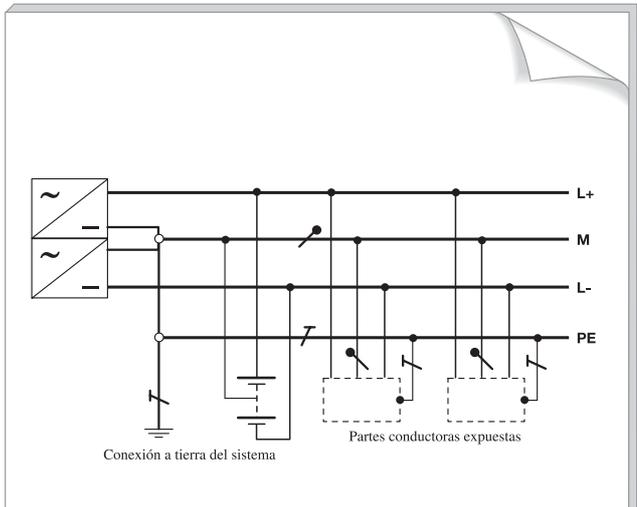
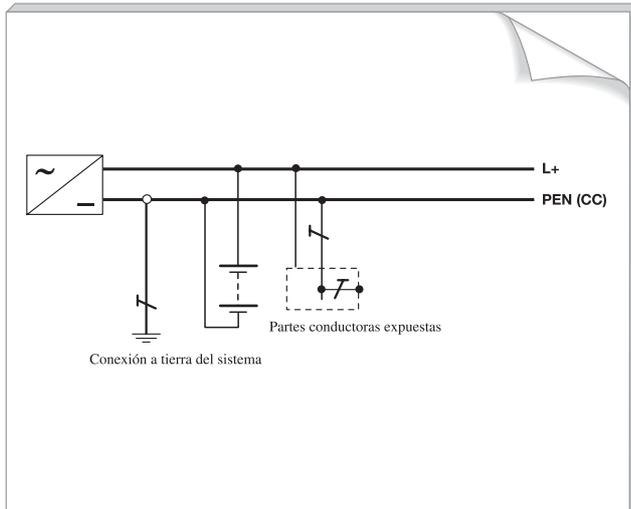


Figura 21 Sistema TN-S de CC con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra

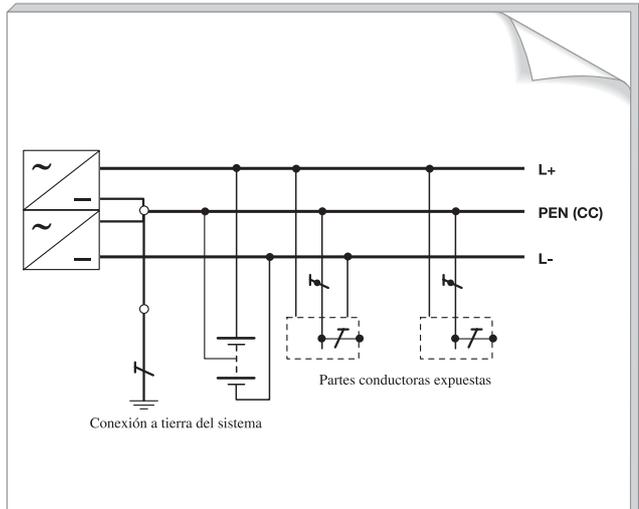


**2.Sistema TN-C** – las funciones de polaridad puesta a tierra y conductor protector están parcialmente combinadas en un conductor único denominado PEN

**Figura 22** Sistema de distribución TN-C CC

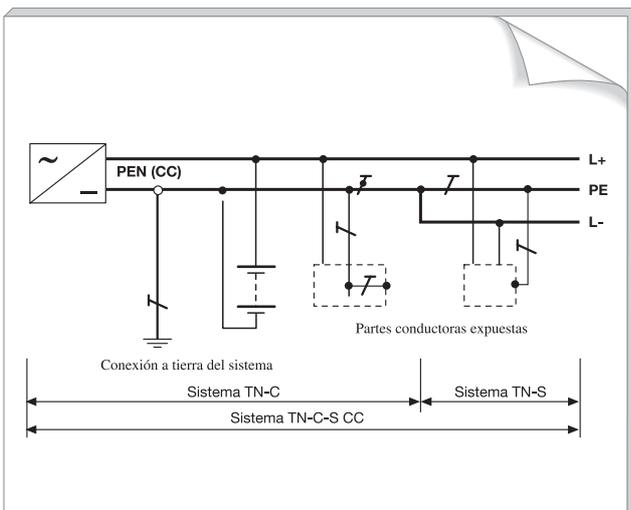


**Figura 23** Sistema de distribución TN-C CC con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra

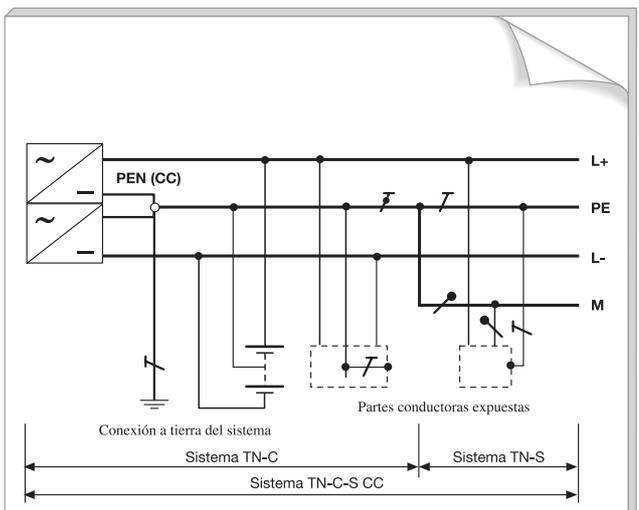


**3.Sistema TN-C-S** – las funciones de polaridad puesta a tierra y conductor protector están parcialmente combinadas en un conductor único denominado PEN y parcialmente separadas

**Figura 24** Sistema de distribución TN-C-S CC



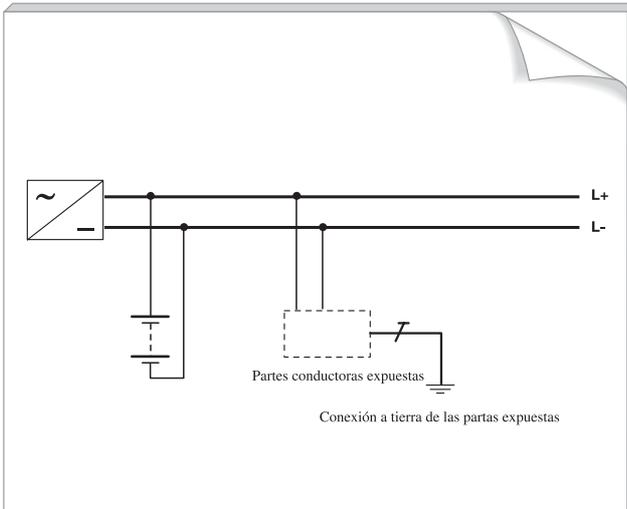
**Figura 25** Sistema de distribución TN-C-S CC con el punto medio de la fuente de alimentación conectado a tierra



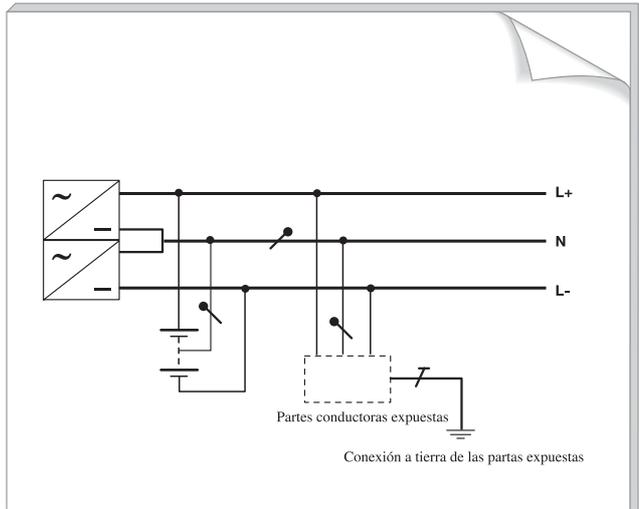
**red IT**

la fuente de alimentación no está puesta a tierra; las partes conductoras expuestas están conectadas al mismo punto de puesta a tierra.

**Figura 26** Sistema de distribución IT de CC



**Figura 27** Sistema de distribución IT de CC con el punto medio de la fuente de alimentación aislado de tierra



**Protección contra contacto indirecto**

Para garantizar la protección contra contactos directos e indirectos, la Norma IEC 60364-4 estipula que el dispositivo protector desconectará automáticamente la alimentación para que, en caso de defecto entre una parte bajo tensión y una parte conductora expuesta o un conductor protector, no persista una tensión superior a 120 V (CC) durante el tiempo suficiente para causar efectos fisiológicos nocivos para el cuerpo humano <sup>(1)</sup>.

En ciertos entornos podrían ser necesarios tiempos de disparo y valores de tensión inferiores a los anteriormente mencionados. Actualmente se están estudiando requisitos adicionales para sistemas de CC.

<sup>(1)</sup> Para sistemas IT, no es imprescindible la apertura automática del circuito en presencia de un primer defecto

## Anexo B

### Cálculo de corrientes de cortocircuito

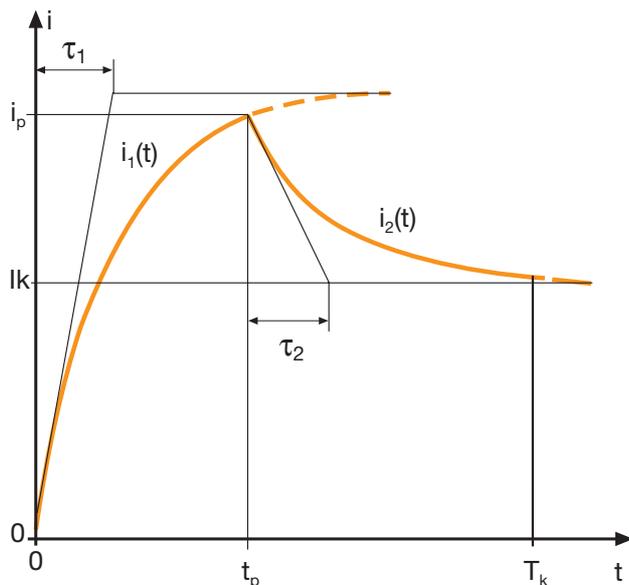
El estudio de las corrientes de cortocircuito es esencial para un dimensionamiento correcto de los componentes que conforman la instalación; de hecho, una evaluación errónea podría resultar en la selección de dispositivos de dimensiones insuficientes para las prestaciones requeridas en condiciones de cortocircuito.

A continuación se exponen algunas consideraciones breves sobre el método de evaluación de la corriente de cortocircuito de conformidad con las estipulaciones de la Norma internacional IEC 61660-1: «Corrientes de cortocircuito en instalaciones auxiliares de CC en centrales eléctricas y subestaciones».

La Norma citada presenta algunos métodos de cálculo que arrojan resultados con la exactitud suficiente por lo que respecta a las variaciones de las corrientes de cortocircuito relevantes para componentes eléctricos que actúan como fuentes de corriente de cortocircuito.

Pese a que la Norma proporciona indicaciones mediante el análisis de diferentes fuentes de alimentación, únicamente tomaríamos en consideración la información sobre baterías de plomo-ácido estacionarias y para indicar las curvas de tiempo-corriente de las demás fuentes (rectificadores en conexión de puente trifásica de CA para 50 Hz, condensadores de alisado y motores de CC con excitación independiente).

Los términos utilizados en las fórmulas se refieren a la siguiente figura, que representa la curva típica de una corriente de cortocircuito continua:



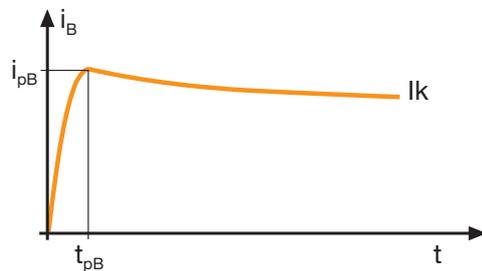
Donde:

- $I_k$  es la corriente de cortocircuito de régimen casi permanente
- $i_p$  es la corriente pico de cortocircuito
- $T_k$  es la duración del cortocircuito
- $t_p$  es el tiempo hasta el pico
- $\tau_1$  es la constante de tiempo de ascenso
- $\tau_2$  es la constante de tiempo de descenso.

### Cálculo de las corrientes de cortocircuito suministradas por una batería de plomo-ácido estacionaria

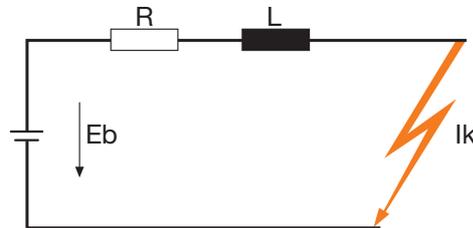
La figura siguiente muestra la curva de la corriente de cortocircuito suministrada por una batería de plomo-ácido estacionaria; como puede apreciarse en la figura, una vez transcurrido el tiempo  $t_{pb}$ , esto es, el tiempo necesario para alcanzar el pico ( $i_{pb}$ ), el valor de cortocircuito disminuye hasta la corriente de cortocircuito de régimen casi permanente.

Figura 28 Curva de la corriente de cortocircuito en una batería de plomo-ácido estacionaria



Los cálculos que se incluyen en las páginas siguientes se refieren a este esquema:

Figura 29 Esquema referido al circuito de CC



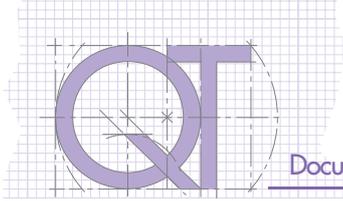
Donde:

$$R = 0,9 \cdot R_b + R_{bl} + R_y$$

- $R_b$  = resistencia de la batería en caso de cortocircuito (valor especificado por el fabricante)
- $R_{bl}$  = resistencia del conductor en la rama de la batería
- $R_y$  = resistencia de la rama común con otras fuentes de alimentación, si existe

$$L = L_b + L_{bl} + L_y$$

- $L_b$  = inductancia de la batería en caso de cortocircuito (valor especificado por el fabricante);
- $L_{bl}$  = inductancia del conductor en la rama de la batería;
- $L_y$  = inductancia de la rama común, si existe.
- $E_b$  = tensión de circuito abierto de la batería



**Corriente máxima de cortocircuito:**

$$i_{pb} = \frac{E_b}{R}$$

**Corriente de cortocircuito de régimen casi permanente:**

$$I_{kb} = \frac{0,95 E_b}{R + 0,1 R_b}$$

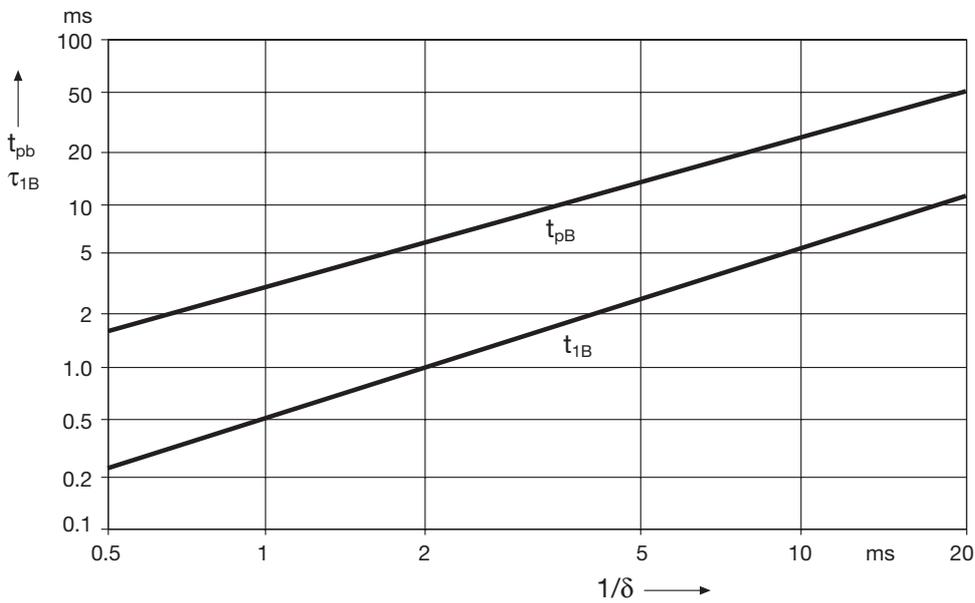
**Tiempo hasta el pico  $t_p$  y constante de tiempo de ascenso  $T_1$**

Para determinar estos parámetros es necesario calcular la relación:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{R}{L} + \frac{1}{T_B}}$$

con la constante de tiempo  $T_B = 30\text{ms}$

Una vez la relación  $\frac{1}{\delta}$  se ha calculado, es posible determinar  $t_p$  y  $\tau_1$  a partir del gráfico siguiente:



**Constante de tiempo de descenso  $\tau_2$**

La constante de tiempo de descenso es igual a  $\tau_2 = 100 \text{ ms}$

**Ejemplo de cálculo de la corriente de cortocircuito de una batería de acumuladores**

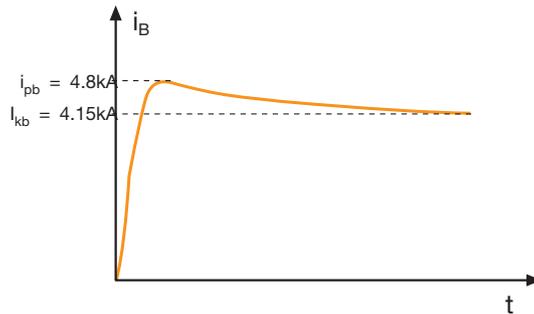
Calcular la corriente de cortocircuito de una batería con las características siguientes:

- tensión de descarga máxima = 240 V CC
- capacidad de la batería = 50 Ah
- número de monobloques en serie = 110 (2,2 V para cada monobloque)
- resistencia interna del monobloque individual = 0,5 m

$$R_{tot} = N^{\circ}_{n.^{\circ} \text{ de monobloques}} \times R_i = 110 \times 0,5 \times 10^{-3} = 0,055$$

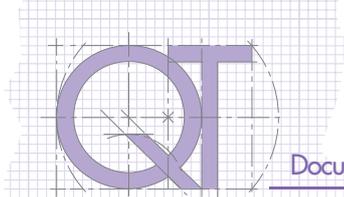
$$I_{kb} = \frac{0,95 \times E_b}{R_{tot}} = \frac{0,95 \times 240}{0,055} = 4,15 \text{ kA}$$

$$i_{pb} = \frac{E_b}{0,9 \times R_{tot}} = \frac{240}{0,9 \times 0,055} = 4,8 \text{ kA}$$



La tabla siguiente recoge todas las variaciones de las corrientes de cortocircuito indicadas y descritas en la Norma IEC 61660-1 y relevantes para los diferentes equipos que actúan como fuentes de cortocircuito:

Equipos que actúan como fuentes de cortocircuito	Variaciones de corriente de cortocircuito	Descripción
Batería de plomo-ácido estacionaria		<p><math>i_p</math> = corriente de cortocircuito pico  <math>t_p</math> = es el tiempo hasta el pico  <math>I_k</math> = corriente de cortocircuito de régimen casi permanente</p>
Rectificadores en puente CA trifásico conexiones para 50 Hz sin ( $I_{k2}$ ) y con reactor de alisado ( $I_{k1}$ )		
Condensadores de alisado		
Motores de CC con excitación independiente sin masa de inercia adicional ( $I_{k3}$ ) o con masa de inercia adicional ( $I_{k4}$ )		



## Anexo C

### Interruptores automáticos y e interruptores de desconexión para aplicaciones de hasta 1.000 V CC

Las principales instalaciones a 1.000 V CC se utilizan para aplicaciones de tracción, minería, túneles viarios, aplicaciones ferroviarias y aplicaciones industriales en general.

El uso de este valor de alta tensión halla aplicación en aquellas instalaciones en las que es necesario contar con líneas de distribución más largas que las líneas de baja tensión normales o en aplicaciones que requieran mucha potencia. En esas circunstancias, para mantener reducidas las corrientes nominal y de cortocircuito, es necesario incrementar la tensión nominal de la instalación.

Así, es posible usar conductores con áreas de sección transversal más pequeñas tanto en los cuadros de distribución como en las líneas de distribución, con la consiguiente reducción de los costes de inversión iniciales y de los costes de explotación, debido a la disminución de las pérdidas de potencia causadas por el efecto Joule. Otra ventaja consiste en el ahorro del espacio ocupado por los pasajes de cables, gracias a la reducción de su sección transversal. Para otras aplicaciones, como por ejemplo instalaciones en minas, la estrechez de los espacios disponibles aumenta enormemente el problema de la disposición del pasaje y del posicionamiento de los conductores en relación con conductos de aire/aspiración y aire acondicionado.

Además, con una tensión de 1.000 V, es posible reducir la caída de tensión porcentual, logrando así líneas de distribución más largas; de ahí que esta tensión se utilice en instalaciones con requisitos de longitud especiales. El aumento de la tensión también va acompañado de me-

jores condiciones de servicio, gracias a la reducción de los niveles de cortocircuito; así se limitan las consecuencias de posibles defectos y se mejora la seguridad.

Sin embargo, el uso a 1.000 V afecta a la elección, la disponibilidad y el coste de los dispositivos de conmutación y protección que pueden utilizarse y que, en comparación con la gama disponible de productos para las tensiones habitualmente empleadas en los sistemas de distribución de baja tensión normales (hasta 690 V CA o hasta 750 V CC) constituyen una versión especial dedicada.

Estas versiones especiales poseen las características constructivas necesarias para satisfacer los requisitos más severos (incremento de la tensión de ensayo).

#### Gama de ABB SACE para aplicaciones de hasta 1.000 V CC

La gama de productos que ABB SACE ofrece para aplicaciones de hasta 1.000 V CC incluye productos que garantizan la función de protección o únicamente la función de aislamiento.

Al elegir un interruptor automático es preciso tener en cuenta la modalidad de puesta a tierra de la instalación para determinar el número de polos que se conectarán en serie con el propósito de implementar unas condiciones de trabajo en las cuales, si se produce un cortocircuito, el corte de corriente sea realizado por la serie de cuatro contactos del interruptor automático y se garantice así la capacidad de corte asignada para el dispositivo (en el caso de un interruptor automático protector).

En las páginas siguientes se presentan tanto las características eléctricas de los productos como las modalidades de conexión de los polos.

### Interruptores automáticos para aplicaciones de hasta 1.000 V CC

#### Interruptores automáticos Tmax equipados con unidad de disparo termomagnética

Los interruptores automáticos Tmax para uso con corriente continua de hasta 1.000 V tienen las mismas dimensiones que los estándar y están disponibles en versión fija, enchufable y extraíble; pueden alimentarse exclusivamente desde la parte superior y sólo pueden equiparse con unidades de disparo termomagnéticas ajustables; además, son compatibles con todos los accesorios ofrecidos para la versión estándar, excepto con el relé de corriente residual.

La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos Tmax para aplicaciones de 1.000 V CC.

		Tmax T4	Tmax T5	Tmax T6
Corriente ininterrumpida nominal, Iu	[A]	250	400/630	630/800
Polos	[N.º]	4	4	4
Tensión de servicio nominal, Ue	[V]	1000	1000	1000
Tensión de resistencia a impulsos nominal, Uimp	[kV]	8	8	8
Tensión nominal de aislamiento, Ui	[V]	1150	1150	1000
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 min.	[V]	3500	3500	3500
Capacidad definitiva nominal de corte de cortocircuito, Icu		V	V	L
(CC) 4 polos en serie	[kA]	40	40	40
Capacidad de corte de cortocircuito de servicio nominal, Ics				
(CC) 4 polos en serie	[kA]	20	20	
Categoría de uso (IEC 60947-2)		A	B (400 A)(1) - A (630 A)	B (2)
Comportamiento de aislamiento		■	■	■
Norma de referencia		IEC 60947-2	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Unidades de disparo termomagnéticas	TMD	■	-	-
	TMA	■	■	■

(1) I<sub>cw</sub> = 5 kA

(2) I<sub>cw</sub> = 7,6 kA (630 A) - 10 kA (800 A)

#### Interruptores automáticos Emax equipados con unidades de disparo electrónicas

Los interruptores automáticos Emax para el uso con corriente continua de hasta 1.000 V CC pueden cubrir requisitos de instalación de hasta 5.000 A.

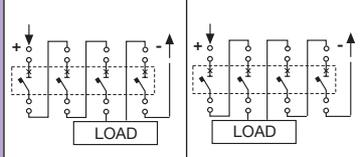
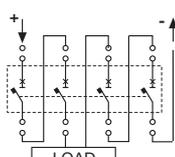
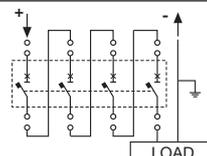
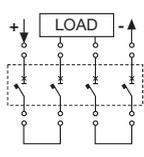
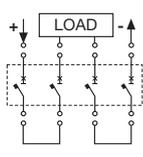
Estos interruptores automáticos tienen las mismas dimensiones que los «estándar», están disponibles en versión fija y extraíble y pueden ser equipados con unidades de disparo electrónicas del tipo PR122-PR123DC, son compatibles con todos los accesorios ofrecidos para la versión estándar.

La tabla siguiente recoge las características eléctricas de los interruptores automáticos Emax equipables con la nueva unidad de disparo PR122-PR123/DC, con referencia a 1.000 V CC.

		E2		E3		E4		E6
Corriente ininterrumpida nominal, Iu	(A)	B	N	N	A	S	A	A
	(A)	800	1600	800	1600	1600	3200	3200
	(A)	1000		1000	2000	2000		4000
	(A)	1250		1250	2500	2500		5000
	(A)	1600		1600		3200		
	(A)			2000				
	(A)			2500				
Polos	(N.º)	3/4		3/4		3/4		3/4
Tensión de servicio nominal, Ue	V	< 1000		< 1000		< 1000		< 1000
Tensión de resistencia a impulsos nominal, Uimp	kV	12		12		12		12
Tensión nominal de aislamiento, Ui	V	1000		1000		1000		1000
Capacidad definitiva nominal de corte en cortocircuito, Icu	1.000 V CC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Capacidad nominal de corte en cortocircuito en servicio, Ics	1.000 V CC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Corriente nominal admisible de corta duración I <sub>cw</sub> (0,5 s)	1.000 V CC (kA)	25	35	35	65	50	65	65
Categoría de uso (IEC 60947-2)		B		B		B		B
Comportamiento de aislamiento		■		■		■		■
		■		■		■		■
Relés electrónicos	PR122/DC	■		■		■		■
	PR123/DC	■		■		■		■

La tabla siguiente recoge las modalidades de conexión de los polos con interruptores automáticos hasta 1.000 V CC conforme a los tipos de conexión de la red. Esta tabla es válida tanto para interruptores automáticos en caja moldeada del tipo Tmax equipados con unidades de disparo termomagnéticas (las conexiones estipuladas deben realizalas los clientes) como para interruptores automáticos abiertos Emax equipados con las nuevas unidades de disparo electrónicas de CC PR122-P123/DC (conexiones realizadas en fábrica por ABB SACE).

**Tabla 15** Modalidades de conexión de los polos con interruptores automáticos para aplicaciones de hasta 1.000 V CC

Tensión nominal (Un)	1.000 V CC		
Tipo de red	RED AISLADA	RED CON UNA POLARIDAD CONECTADA A TIERRA*	RED CON EL PUNTO MEDIO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONECTADO A TIERRA
Descripción	<p>En este tipo de red, un defecto se considera significativo si se produce entre las polaridades positiva y negativa, lo cual hace que la serie de 4 polos de interruptor automático abra el circuito.</p> <p>No se considera la posibilidad de un doble defecto a tierra (el primer defecto en el lado de alimentación de los polos de una polaridad y el segundo en el lado de carga de los polos de la otra polaridad), así que se sugiere el uso de un dispositivo para monitorizar el aislamiento a tierra, capaz de señalar la disminución del aislamiento a tierra como consecuencia de un primer defecto a tierra.</p>	<p>En este tipo de red, los polos conectados en la polaridad aislada de tierra deben ser capaces de cortar una corriente de falla a 1.000 V; por lo tanto es necesario disponer en esta polaridad la serie de 4 polos. En consecuencia, la polaridad puesta a tierra no puede interrumpirse y a menudo esto ni siquiera es necesario, puesto que está ligada al potencial de tierra.</p>	<p>En este tipo de red, los 2 polos conectados en una polaridad deben ser capaces de cortar una corriente de falla a 500 V, mientras que en caso de un defecto entre las dos polaridades, la tensión que lo alimenta vuelve a ser de 1.000 V y el esquema propuesto permite el corte con 4 polos en serie.</p>
Tmax	<p>Protección + función de aislamiento</p> 		
		<p>Función de protección</p> 	
Emax	<p>Protección + función de aislamiento</p> 		

(\*) Para el interruptor automático Emax, consulte a ABB

**Interruptores de desconexión para aplicaciones de hasta 1.000 V CC**

ABB SACE ha desarrollado una gama de interruptores de desconexión (familia Emax/E MS) para aplicaciones de corriente continua hasta 1.000 V de conformidad con la Norma internacional IEC 60947-3.

Estos interruptores no automáticos son especialmente apropiados para su uso como enlaces de barra o como aisladores principales.

Estos interruptores de desconexión están disponibles en versiones fija y extraíble, tripolar y tetrapolar.

Los interruptores de desconexión de la familia Emax/E MS conservan las mismas dimensiones globales y pueden equiparse con los accesorios comunes para los los interruptores automáticos Emax.

La tabla siguiente recoge las características eléctricas del interruptor de desconexión Emax

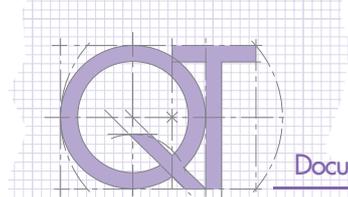
		E1B/E MS		E2N/E MS		E3H/E MS		E4H/E MS		E6H/E MS	
Corriente nominal (a 40°C), I <sub>n</sub>	[A]	800		1250		1250		3200		5000	
	[A]	1250		1600		1600		4000		6300	
	[A]			2000		2000					
	[A]					2500					
	[A]					3200					
Polos	[N.º]	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Tensión de servicio nominal, U <sub>e</sub> (CC)	[V]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Tensión nominal de aislamiento, U <sub>i</sub> (CC)	[V]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensión de resistencia a impulsos nominal, U <sub>imp</sub>	[kV]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Corriente nominal admisible de corta duración, I <sub>cw</sub> (1 s)	[kA]	20	20	25	25	40	40	65	65	65	65

Los rendimientos a 750 V son:  
 para E1B/E MS I<sub>cw</sub>=25 kA  
 para E2N/E MS I<sub>cw</sub>=40 kA  
 para E3H/E MS I<sub>cw</sub>=50 kA

A continuación se muestran los esquemas de conexiones recomendados por ABB SACE; la conexión de los polos del interruptor de desconexión debe realizarse conforme a dichos esquemas. Asimismo, en este caso, la división de las distintas modalidades de conexión se lleva a cabo con arreglo a la tensión de instalación. Como se desprende de la tabla inferior, la conexión en serie de tres polos de corte permite alcanzar una tensión nominal de 750 V CC, mientras que con cuatro polos en serie la tensión nominal es de 1.000 V CC

**Tabla 16** Modalidades de conexión de los polos con interruptores de desconexión Emax/E MS para aplicaciones de hasta 1.000 V CC

Tensión nominal	750 V CC	1.000 V CC	
Conexión de polos			
E1...E6/E MS	■	■	■



## Glosario

<b>I<sub>max</sub></b>	corriente máxima
<b>I<sub>p</sub></b>	corriente de cortocircuito
<b>I<sub>cn</sub></b>	corriente de cortocircuito prevista
<b>U<sub>a</sub></b>	tensión de arco máxima
<b>U<sub>n</sub></b>	tensión de red
<b>T</b>	constante de tiempo
<b>I<sub>n</sub></b>	corriente nominal de la unidad de disparo
<b>I<sub>r.m.s</sub></b>	valor eficaz de una corriente alterna
<b>I<sub>3</sub></b>	ajuste de la protección instantánea contra cortocircuito
<b>I<sub>2</sub></b>	ajuste de la protección instantánea contra cortocircuito con retardo
<b>I<sub>1</sub></b>	ajuste de la protección contra sobrecarga
<b>I<sub>cu</sub></b>	capacidad definitiva de corte de cortocircuito
<b>I<sub>cs</sub></b>	capacidad de corte de cortocircuito de servicio
<b>I<sub>cw</sub></b>	corriente nominal admisible de corta duración
<b>U<sub>e</sub></b>	tensión de funcionamiento nominal
<b>TMG</b>	unidad de disparo termomagnética con umbral magnético bajo
<b>TMF</b>	unidad de disparo termomagnética con umbral térmico y magnético fijo
<b>TMD</b>	unidad de disparo termomagnética con umbral térmico ajustable y umbral magnético fijo
<b>TMA</b>	unidad de disparo termomagnética con umbral térmico y magnético ajustable
<b>MF</b>	unidad de disparo sólo magnética, fija
<b>MA</b>	unidad de disparo sólo magnética, ajustable
<b>L</b>	protección contra sobrecarga
<b>S</b>	protección contra cortocircuito con disparo de retardo
<b>I</b>	protección instantánea contra cortocircuito
<b>I<sub>k</sub></b>	corriente de cortocircuito de régimen casi permanente:
<b>i<sub>p</sub></b>	corriente pico de cortocircuito
<b>T<sub>k</sub></b>	duración del cortocircuito
<b>t<sub>p</sub></b>	tiempo hasta el pico
<b>τ<sub>1</sub></b>	constante de tiempo de ascenso
<b>τ<sub>2</sub></b>	constante de tiempo de descenso
<b>ipb</b>	corriente pico de cortocircuito suministrada por una batería de plomo-ácido estacionaria
<b>tpb</b>	tiempo hasta el pico en una batería de plomo-ácido estacionaria
<b>I<sub>kb</sub></b>	corriente de cortocircuito de régimen casi permanente de una batería de plomo-ácido estacionaria

# Contacte con nosotros

**Asea Brown Boveri, S.A.**  
**Low Voltage Products**  
Torrent de l'Olla 220  
08012 Barcelona  
Tel. 93 484 21 21  
Fax 93 484 21 90  
[www.abb.es/bajatension](http://www.abb.es/bajatension)



1TX007104G0701-000909