

Distribución BT



Este capítulo presenta los siguientes elementos utilizados para definir la distribución de energía de Baja Tensión:

- los esquemas de puesta a tierra (TN, TT, IT) y sus características
- los diferentes tipos de equipos de distribución: cuadros de distribución, cables y electroductos (sistemas de canalización prefabricada)
- y la lista de influencias externas definida por la norma IEC 60364-5-51

Capítulo E - Contenidos

Esquemas de puesta a tierra

- Conexiones de tierra
- Definición de esquemas de puesta a tierra estandarizados.
- Características de los sistemas TT, TN e IT.
- Criterios de selección de los sistemas TT, TN e IT
- Elección del método de puesta a tierra - implementación
- Instalación y medidas de electrodos de tierra.

El sistema de instalación

- [Cuadros de distribución](#)
- [Cables y electroductos](#)
- [Corrientes armónicas en la selección de sistemas de canalización prefabricada \(busways\)](#)

Influencias externas (IEC 60364-5-51)

- [Definición y estándares de referencia.](#)
- [Clasificación](#)
- [Lista de influencias externas](#)
- [Protección proporcionada para equipos cerrados: códigos IP e IK](#)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Esquemas de puesta a tierra

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Conexiones de tierra

En un edificio, la conexión de todas las partes metálicas del edificio y de todas las partes conductoras expuestas de los equipos eléctricos a un electrodo de tierra evita la aparición de tensiones peligrosamente altas entre dos partes metálicas cualesquiera accesibles simultáneamente.

Definiciones

Las normas nacionales e internacionales (IEC 60364) definen claramente los distintos elementos de las conexiones a tierra. Los siguientes términos se utilizan comúnmente en la industria y en la literatura. Los números entre corchetes se refieren a **la Figura E1** .

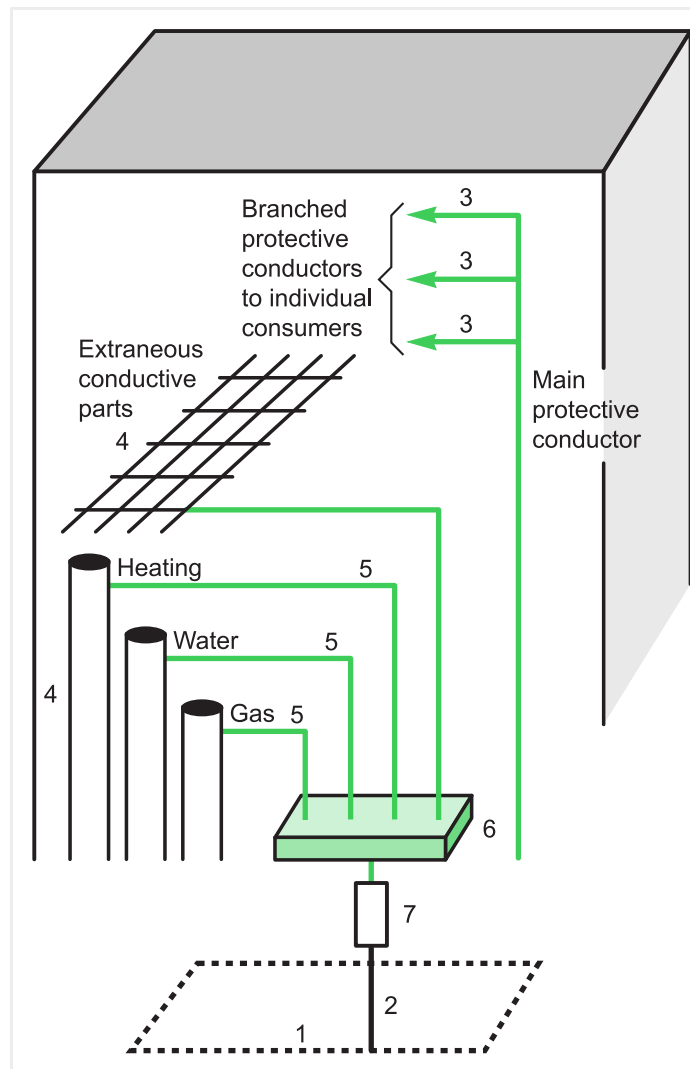


Fig. E1 – Un ejemplo de un bloque de viviendas en el que el terminal principal de tierra (6) proporciona la conexión equipotencial principal; el enlace extraíble (7) permite comprobar la resistencia del electrodo de tierra

- Electrodo de tierra (1): Conductor o grupo de conductores en íntimo contacto y que proporcionan una conexión eléctrica con la Tierra (ver detalles en la sección 1.6 del Capítulo E.)
- Tierra: Masa conductora de la Tierra, cuyo potencial eléctrico en cualquier punto se considera convencionalmente cero.
- Electrodos de tierra eléctricamente independientes: Electrodos de tierra ubicados a una distancia tal entre sí que la corriente máxima que puede fluir a través de uno de ellos no afecta significativamente el potencial del otro(s).
- Resistencia del electrodo de tierra: La resistencia de contacto de un electrodo de tierra con la Tierra.
- Conductor de tierra (2): Conductor de protección que conecta el terminal principal de tierra (6) de una instalación a un electrodo de tierra (1) o a otros medios de puesta a tierra (por ejemplo, sistemas TN);
- Parte conductora expuesta: Una parte conductora del equipo que se puede tocar y que no es una parte viva, pero que puede volverse viva en condiciones de falla.
- Conductor de protección (3): Conductor utilizado para algunas medidas de protección contra descargas eléctricas y destinado a conectar entre sí cualquiera de las siguientes partes:
 - Piezas conductoras expuestas
 - Piezas-conductoras-extrañas
 - El terminal de tierra principal
 - Electrodo(s) de tierra
 - El punto puesto a tierra de la fuente o un neutro artificial.
- Parte-conductora-extraña: Parte conductora susceptible de introducir un potencial, generalmente potencial de tierra, y que no forma parte de la instalación eléctrica (4).

Por ejemplo:

 - Suelos o paredes sin aislamiento, estructuras metálicas de edificios
 - Conductos y tuberías metálicos (no pertenecientes a la instalación eléctrica) para agua, gas, calefacción, aire comprimido, etc. y materiales metálicos.
 - asociado con ellos
- Conductor de conexión (5): un conductor de protección que proporciona conexión equipotencial.

- Terminal principal de puesta a tierra (6): El terminal o barra prevista para la conexión de conductores de protección, incluidos los conductores de conexión equipotencial, y los conductores de puesta a tierra funcional, si los hubiere, a los medios de puesta a tierra.

Conexiones

El principal sistema de conexión equipotencial.

La unión se realiza mediante conductores de protección y el objetivo es garantizar que, en el caso de que un conductor extraño entrante (como una tubería de gas, etc.) se eleve a algún potencial debido a una falla externa al edificio, no se produzca ninguna diferencia. Puede producirse una variación de potencial entre piezas conductoras extrañas dentro de la instalación.

La unión debe realizarse lo más cerca posible del(los) punto(s) de entrada al edificio y conectarse al terminal principal de tierra (6).

Sin embargo, las conexiones a tierra de cubiertas metálicas de cables de comunicaciones requieren la autorización de los propietarios de los cables.

Conexiones equipotenciales suplementarias

Estas conexiones están destinadas a conectar todas las partes conductoras expuestas y todas las partes conductoras extrañas accesibles simultáneamente, cuando no se han cumplido las condiciones correctas de protección, es decir, los conductores de conexión originales presentan una resistencia inaceptablemente alta.

Conexión de piezas conductoras expuestas al electrodo(s) de tierra

La conexión se realiza mediante conductores de protección con el objetivo de proporcionar un camino de baja resistencia para las corrientes de falla que fluyen a tierra.

Componentes

(ver **figura E2**)

La conexión eficaz de todos los accesorios metálicos accesibles y de todas las piezas conductoras expuestas de los aparatos y equipos eléctricos es esencial para una protección eficaz contra descargas eléctricas.

Fig. E2 – Lista de piezas conductoras expuestas y piezas conductoras extrañas

Componentes a considerar:	
como piezas conductoras expuestas	como piezas-conductoras-extrañas

Teleféricos - Conductos - Cable recubierto de plomo, aislado con papel impregnado, armado o no - Cable con revestimiento metálico y aislamiento mineral (pirotenax, etc.)	Elementos utilizados en la construcción de edificios. - Metal u hormigón armado (RC): - Estructura con estructura de acero - Varillas de refuerzo - Paneles RC prefabricados - Acabados superficiales: - Pisos y paredes en hormigón armado sin más - tratamiento de superficies - Superficie embaldosada - Revestimiento metálico: - Revestimiento de paredes metálico
Subestación de control cuna de aparamenta extraíble	
Accesorios Partes metálicas expuestas de aparatos aislados de clase 1.	
Elementos no eléctricos - Herrajes metálicos asociados a los teleféricos (bandejas portacables, escaleras portacables, etc.) - Objetos metálicos: - Cerca de conductores aéreos o de barras colectoras - En contacto con equipos eléctricos.	Elementos de servicios de la edificación distintos de los eléctricos. - Tuberías metálicas, canalizaciones, etc. para sistemas de gas, agua, calefacción, etc. - Componentes metálicos relacionados (hornos, tanques, depósitos, radiadores) - Herrajes metálicos en lavaderos, baños, aseos, etc. - Papeles metalizados
Partes componentes que no se considerarán:	
como piezas conductoras expuestas	como piezas-conductoras-extrañas
Diversos canales de servicio, ductos, etc. - Conductos fabricados con material aislante. - Molduras de madera u otro material aislante - Conductores y cables sin cubiertas metálicas.	- Suelos de bloques de madera - Suelos revestidos de caucho o linóleo - Tabique seco de bloques de yeso - Paredes de ladrillo - Alfombras y moquetas de pared a pared.
Subestación de control Cerramientos fabricados con material aislante.	
Accesorios Todos los electrodomésticos que tengan aislamiento clase II independientemente del tipo de envolvente exterior.	

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Definición de esquemas de puesta a tierra estandarizados.

Los diferentes esquemas de puesta a tierra (a menudo denominados tipo de sistema de potencia o disposiciones de puesta a tierra del sistema) descritos caracterizan el método de puesta a tierra de la instalación aguas abajo del devanado secundario de un transformador MT/BT y los medios utilizados para poner a tierra las partes conductoras expuestas de la instalación de BT alimentada desde ella

La elección de estos métodos rige las medidas necesarias para la protección contra los riesgos de contacto indirecto.

El sistema de puesta a tierra califica tres elecciones originalmente independientes realizadas por el diseñador de un sistema o instalación de distribución eléctrica:

- El tipo de conexión del sistema eléctrico (que generalmente es del conductor neutro) y de las partes expuestas al (los) electrodo(s) de tierra.
- Un conductor de protección separado o un conductor de protección y un conductor neutro siendo un solo conductor.
- El uso de protección contra fallas a tierra de aparamenta de protección contra sobrecorriente que elimina solo corrientes de falla relativamente altas o el uso de relés adicionales capaces de detectar y eliminar pequeñas corrientes de falla de aislamiento a tierra.

En la práctica, estas opciones se han agrupado y estandarizado como se explica a continuación.

Cada una de estas opciones proporciona sistemas de puesta a tierra estandarizados con tres ventajas e inconvenientes:

- La conexión de las partes conductoras expuestas del equipo y del conductor neutro al conductor PE produce equipotencialidad y sobretensiones más bajas, pero aumenta las corrientes de falla a tierra.

- Un conductor de protección independiente es costoso incluso si tiene una sección transversal pequeña, pero es mucho más improbable que se contamine por caídas de tensión y armónicos, etc., que un conductor neutro. También se evitan corrientes de fuga en piezas conductoras extrañas.
- La instalación de relés de protección contra corriente residual o dispositivos de control del aislamiento es mucho más sensible y permite en muchas circunstancias eliminar fallos antes de que se produzcan daños graves (motores, incendios, electrocución). La protección ofrecida es además independiente respecto a cambios en una instalación existente.

Sistema TT (neutro puesto a tierra)

(ver **figura E3**)

Un punto en la fuente de suministro está conectado directamente a tierra. Todas las piezas conductoras expuestas y extrañas están conectadas a una toma de tierra separada en la instalación. Este electrodo puede o no ser eléctricamente independiente del electrodo fuente. Las dos zonas de influencia podrán superponerse sin afectar el funcionamiento de los dispositivos de protección.

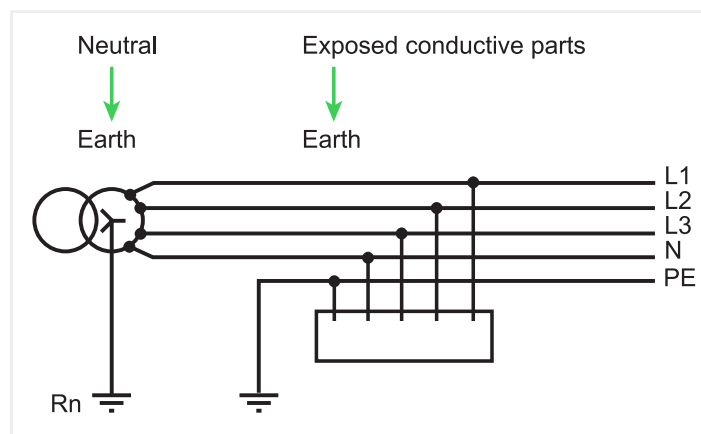


Figura E3 – Sistema TT

Sistemas TN (partes conductoras expuestas conectadas al neutro)

La fuente está conectada a tierra como para el sistema TT (arriba). En la instalación, todas las partes conductoras expuestas y extrañas están conectadas al conductor neutro. Las distintas versiones de los sistemas TN se muestran a continuación.

sistema TN-C

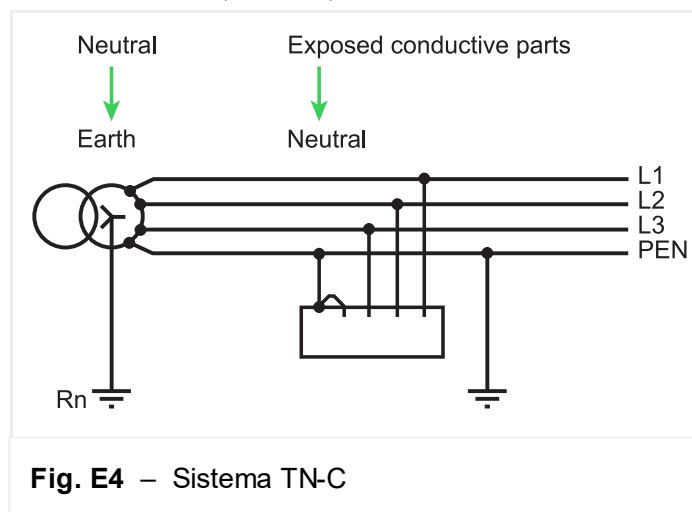
(ver **figura E4**)

El conductor neutro también se utiliza como conductor de protección y se denomina conductor PEN (**P** rotection **E** arth and **N** eutral). Este sistema no está permitido para conductores de menos de 10 mm² ni para equipos portátiles.

El sistema TN-C requiere un entorno equipotencial efectivo dentro de la instalación con electrodos de tierra dispersos espaciados lo más regularmente posible, ya que el conductor PEN es a la vez el conductor neutro y al mismo tiempo transporta corrientes de desequilibrio de fase, así como corrientes armónicas de tercer orden (^y sus múltiplos).

Por tanto, el conductor PEN debe conectarse a varios electrodos de tierra de la instalación.

Atención: En el sistema TN-C la función “conductor de protección” tiene prioridad sobre la “función neutro”. En particular, siempre se debe conectar un conductor PEN al terminal de tierra de una carga y se utiliza un puente para conectar este terminal al terminal neutro.



sistema TN-S

(ver **figura E5**)

El sistema TN-S (5 hilos) es obligatorio para circuitos con secciones inferiores a 10 mm^2 para equipos portátiles.

El conductor de protección y el conductor neutro están separados. En sistemas de cables subterráneos donde existen cables con cubierta de plomo, el conductor de protección es generalmente la cubierta de plomo. El uso de conductores PE y N separados (5 hilos) es obligatorio para circuitos con secciones inferiores a 10 mm^2 para equipos portátiles.

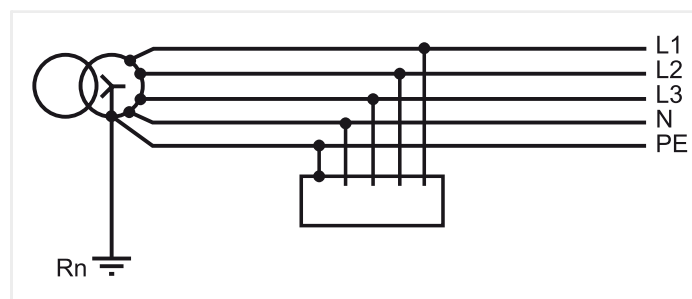
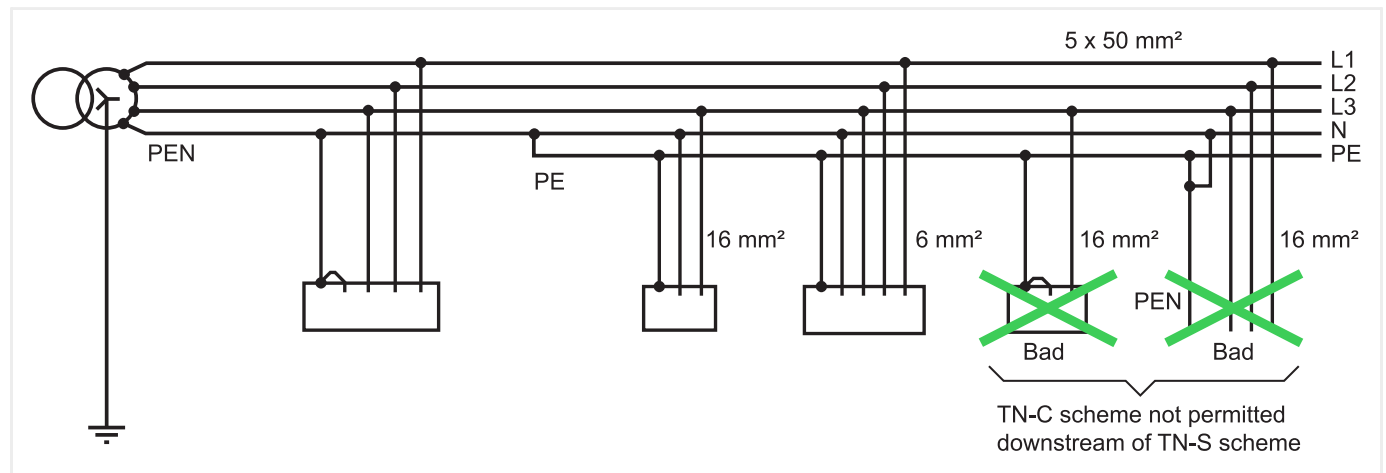


Fig. E5 – Sistema TN-S**sistema TN-CS**(ver **Fig. E6** y **Fig. E7**)

Los sistemas TN-C y TN-S se pueden utilizar en la misma instalación. En el sistema TN-CS, el sistema TN-C (4 hilos) nunca debe utilizarse aguas abajo del sistema TN-S (5 hilos), ya que cualquier interrupción accidental del neutro en la parte aguas arriba provocaría una interrupción en el conductor de protección en la parte aguas abajo y, por tanto, un peligro.

**Fig. E6 – Sistema TN-CS**

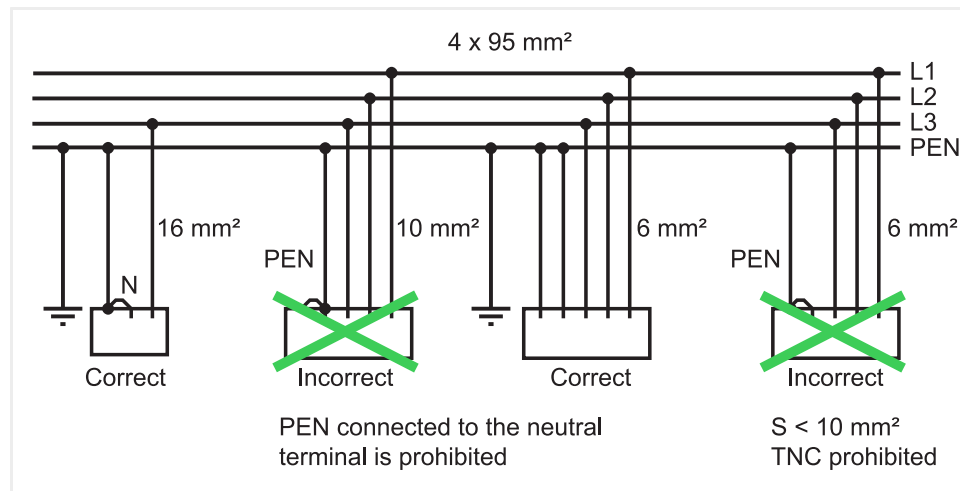


Fig. E7 – Conexión del conductor PEN en el sistema TN-C

Sistema IT (neutro aislado o puesto a tierra por impedancia)

Sistema TI (neutro aislado)

No se realiza ninguna conexión intencional entre el punto neutro de la fuente de suministro y tierra (ver **Fig. E8**).

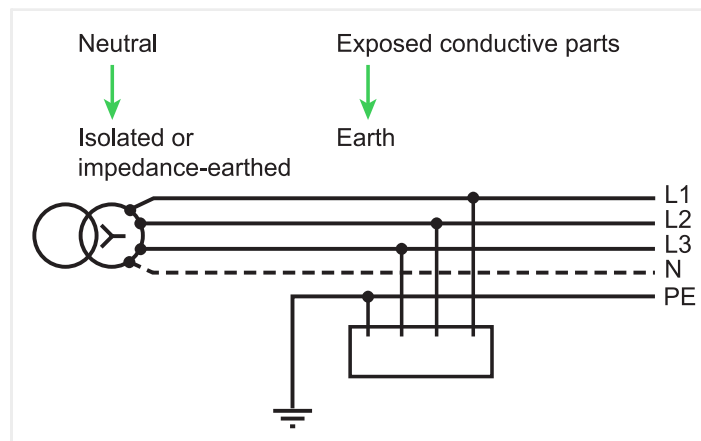
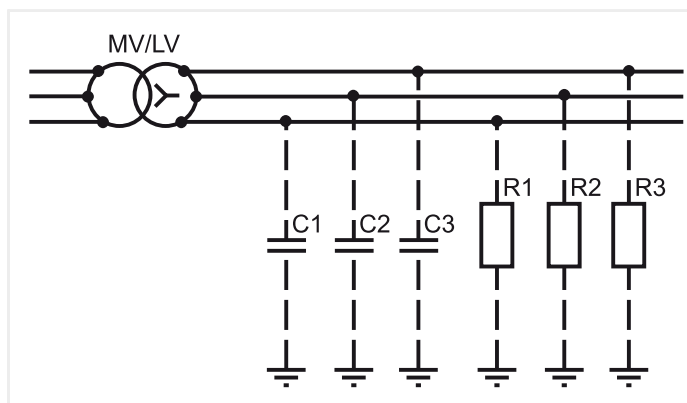


Fig. E8 – Sistema IT (neutro aislado)

Las partes conductoras expuestas y extrañas de la instalación están conectadas a un electrodo de tierra.

En la práctica todos los circuitos tienen una impedancia de fuga a tierra, ya que ningún aislamiento es perfecto. En paralelo con esta ruta de fuga resistiva (distribuida), está la ruta de corriente capacitiva distribuida; las dos rutas juntas constituyen la impedancia de fuga normal a tierra (ver **Fig. E9**).

**Fig. E9** – Impedancia de fuga a tierra en sistema IT

Ejemplo (ver Fig. E10)

En un sistema de BT trifásico a 3 hilos, 1 km de cable tendrá una impedancia de fuga debida a C1, C2, C3 y R1, R2 y R3 equivalente a una impedancia de tierra del neutro Z_{ct} de 3.000 a 4.000 Ω , sin contar el filtrado. capacitancias de dispositivos electrónicos.

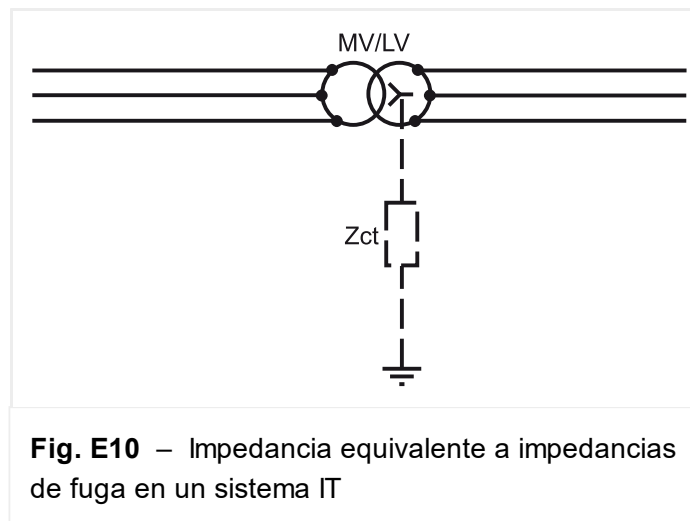


Fig. E10 – Impedancia equivalente a impedancias de fuga en un sistema IT

Sistema IT (neutro puesto a tierra por impedancia)

Una impedancia Z_s (del orden de 1.000 a 2.000 Ω) está conectada permanentemente entre el punto neutro del devanado de BT del transformador y tierra (ver **Fig. E11**). Todas las piezas conductoras expuestas y extrañas están conectadas a un electrodo de tierra. Las razones para esta forma de puesta a tierra de la fuente de energía son fijar el potencial de una red pequeña con respecto a tierra (Z_s es pequeño en comparación con la impedancia de fuga) y reducir el nivel de sobretensiones, como las sobretensiones transmitidas desde los devanados de MT, cargas estáticas, etc. con respecto a la tierra. Sin embargo, tiene el efecto de aumentar ligeramente el nivel de corriente del primer fallo.

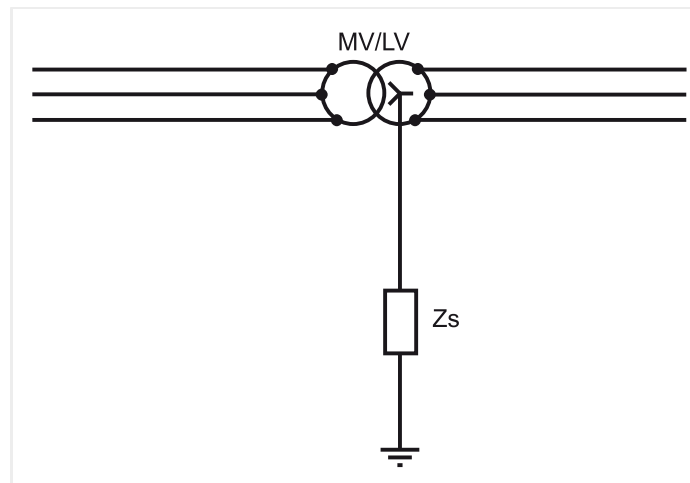


Fig. E11 – Sistema IT (neutro puesto a tierra por impedancia)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



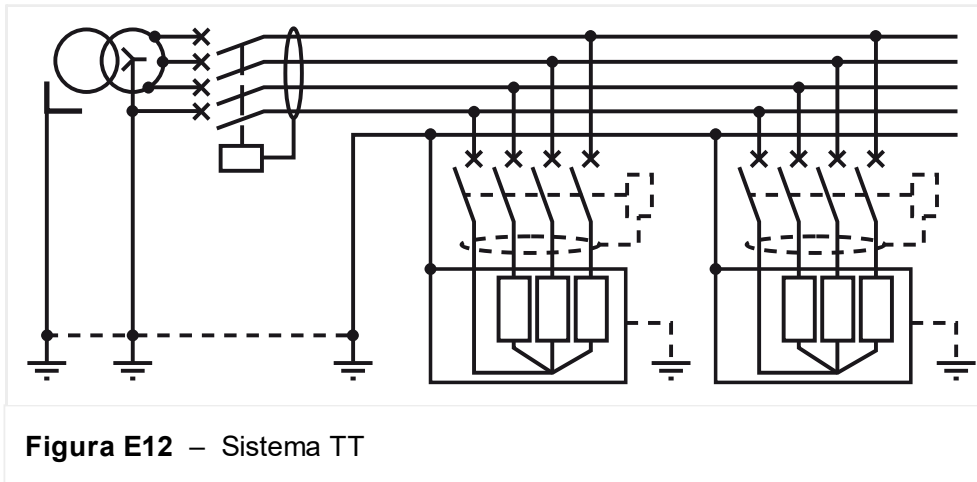
Características de los sistemas TT, TN e IT.

sistema contrarreloj

(ver **figura E12**)

El sistema TT:

- Técnica de protección de personas: las partes conductoras expuestas se ponen a tierra y se utilizan dispositivos de corriente residual (RCD)
- Técnica de funcionamiento: interrupción por el primer defecto de aislamiento



Nota : Si las partes conductoras expuestas están conectadas a tierra en varios puntos, se debe instalar un RCD para cada conjunto de circuitos conectados a un electrodo de tierra determinado.

Características principales

- La solución más sencilla de diseñar e instalar. Se utiliza en instalaciones alimentadas directamente por la red pública de distribución de BT.
- No requiere monitoreo continuo durante el funcionamiento (puede ser necesaria una verificación periódica de los RCD).
- La protección está garantizada por dispositivos especiales, los dispositivos de corriente residual (RCD), que también previenen el riesgo de incendio cuando se ajustan a ≤ 500 mA.
- Cada fallo de aislamiento provoca una interrupción en el suministro de energía, sin embargo el corte se limita al circuito defectuoso instalando los RCD en serie (RCD selectivos) o en paralelo (selección de circuito).
- Las cargas o partes de la instalación que, durante el funcionamiento normal, provocan elevadas corrientes de fuga, requieren medidas especiales para evitar disparos intempestivos, es decir, alimentar las cargas con un transformador de separación o utilizar RCD específicos (ver [Sistema TT - Aspectos prácticos](#)).

sistema TN

ver (**Fig. E13** y **Fig. E14**)

El sistema TN:

- Técnica de protección de personas:
 - Es obligatoria la interconexión y puesta a tierra de las partes conductoras expuestas y del neutro.
 - Interrupción por primera falla mediante protección contra sobrecorriente (disyuntores o fusibles)

- Técnica de funcionamiento: interrupción por el primer defecto de aislamiento

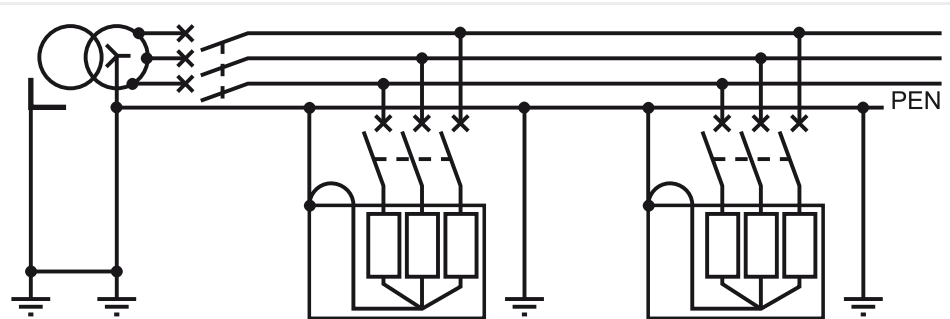


Fig. E13 – Sistema TN-C

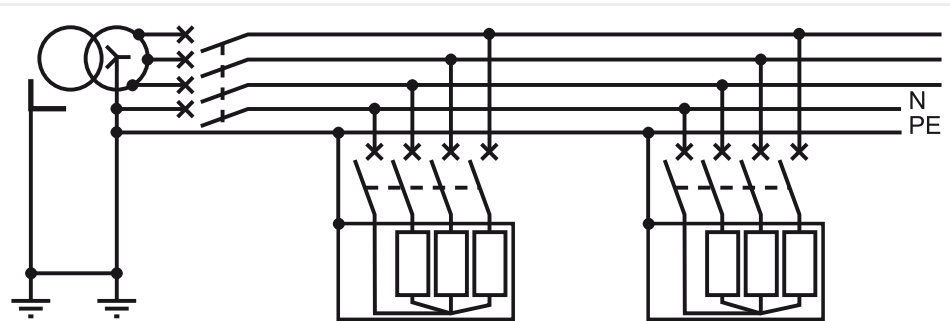


Fig. E14 – Sistema TN-S

Características principales

- En términos generales, el sistema TN:
 - Requiere la instalación de electrodos de tierra a intervalos regulares durante toda la instalación.
 - Requiere que la verificación inicial del disparo efectivo para la primera falla de aislamiento se lleve a cabo mediante cálculos durante la etapa de diseño, seguidos de mediciones obligatorias para confirmar el disparo durante la puesta en servicio.

- Requiere que cualquier modificación o ampliación sea diseñada y realizada por un electricista calificado
- Puede provocar, en caso de fallos de aislamiento, mayores daños en los devanados de las máquinas rotativas.
- Puede, en locales con riesgo de incendio, representar un mayor peligro debido a las mayores corrientes de falla.
- Además, el sistema TN-C:
 - A primera vista parece más económico (eliminación del polo del aparato y del conductor)
 - Requiere el uso de conductores fijos y rígidos.
 - Está prohibido en determinados casos:
 - Locales con riesgo de incendio
 - Para equipos informáticos (presencia de corrientes armónicas en el neutro)
- Además, el sistema TN-S:
 - Puede usarse incluso con conductores flexibles y conductos pequeños.
 - Debido a la separación del neutro y del conductor de protección, proporciona un PE limpio (sistemas informáticos y locales con riesgos especiales)

sistema de TI

(ver **figura E15**)

Sistema informático:

- Técnica de protección:
 - Interconexión y puesta a tierra de partes conductoras expuestas.
 - Indicación del primer fallo mediante un dispositivo de control de aislamiento (IMD)
 - Interrupción por segunda falta mediante protección contra sobrecorriente (disyuntores o fusibles)
- Técnica operativa:
 - Vigilancia del primer fallo de aislamiento

- Localización obligatoria y eliminación de la avería.
- Interrupción por dos fallos de aislamiento simultáneos

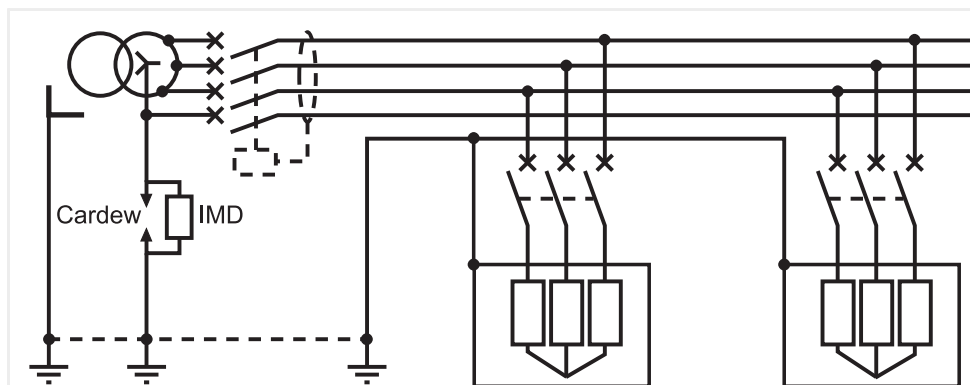


Fig. E15 – Sistema de TI

Características principales

- Solución que ofrece la mejor continuidad del servicio durante la operación
- La indicación del primer fallo de aislamiento, seguida de su localización y eliminación obligatorias, garantiza la prevención sistemática de cortes de suministro.
- Generalmente utilizado en instalaciones alimentadas por un transformador privado MT/BT o BT/BT
- Requiere personal de mantenimiento para monitoreo y operación.
- Requiere un alto nivel de aislamiento en la red (implica romper la red si es muy grande y utilizar transformadores de separación de circuitos para alimentar cargas con altas corrientes de fuga)
- La verificación del disparo efectivo para dos fallas simultáneas debe realizarse mediante cálculos durante la etapa de diseño, seguidos de mediciones obligatorias durante la puesta en servicio en cada grupo de partes conductoras expuestas interconectadas.
- Se debe garantizar la protección del conductor neutro según se indica en [Protección del conductor neutro](#) dentro del capítulo [Dimensionado y protección de conductores](#).

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Criterios de selección de los sistemas TT, TN e IT

La selección no depende de criterios de seguridad.

Los tres sistemas son equivalentes en términos de protección de las personas si se siguen correctamente todas las reglas de instalación y funcionamiento.

Los criterios de selección para los mejores sistemas dependen de los requisitos regulatorios, la continuidad requerida del servicio, las condiciones de operación y los tipos de red y cargas.

En términos de protección de personas, las tres disposiciones de puesta a tierra del sistema (SEA) son equivalentes si se siguen correctamente todas las reglas de instalación y funcionamiento. En consecuencia, la selección no depende de criterios de seguridad.

Es combinando todos los requisitos en términos de regulaciones, continuidad del servicio, condiciones de operación y tipos de red y cargas que es posible determinar el mejor sistema (ver **Fig. E16**).

La selección está determinada por los siguientes factores:

- Sobre todo, la normativa aplicable que en algunos casos impone determinados tipos de EAE.
- En segundo lugar, la decisión del propietario si el suministro se realiza a través de un transformador privado de MT/BT (abono de MT) o si el propietario tiene una fuente de energía privada (o un transformador de devanado separado).

Si el propietario tiene realmente la posibilidad de elegir, la decisión sobre la SEA se toma tras consultar con el diseñador de la red (oficina de diseño, contratista).

Las discusiones deben cubrir:

- En primer lugar, los requisitos de funcionamiento (el nivel requerido de continuidad del servicio) y las condiciones de funcionamiento (mantenimiento asegurado por personal eléctrico o no, personal propio o

subcontratado, etc.)

- En segundo lugar, las características particulares de la red y las cargas (ver **Fig. E17**)

Fig. E16 – Comparación de las disposiciones de puesta a tierra del sistema

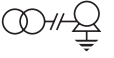
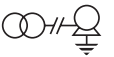
	TT	TN-S	TN-C	TI1 [un]	TI2 [b]	Comentarios
Características electricas						
Corriente de falla	-	--	--	+	--	Sólo el sistema IT ofrece corrientes de primer fallo prácticamente insignificantes
Tensión de fallo	-	-	-	+	-	En el sistema informático, la tensión de contacto es muy baja en el primer fallo, pero considerable en el segundo.
voltaje de contacto	+/- -	-	-	+	-	En el sistema TT, el voltaje de contacto es muy bajo si el sistema es equipotencial, de lo contrario es alto
Proteccion						
Protección de personas contra el contacto indirecto	+	+	+	+	+	Todos los SEA(disposición de puesta a tierra del sistema) son equivalentes, si se siguen las reglas
Protección de personas con grupos electrógenos de emergencia	+	-	-	+	-	Los sistemas cuya protección está garantizada por RCD no son sensibles a un cambio en la impedancia interna de la fuente.
Protección contra incendios (con un RCD)	+	+	No permitido	+	+	Todos los EAE en los que se pueden utilizar RCD son equivalentes. El sistema TN-C está prohibido en locales donde exista riesgo de incendio.
Sobretensiones						
Sobretensión continua	+	+	+	-	+	Una sobretensión fase-tierra es continua en el sistema IT si hay un primer fallo de aislamiento
Sobretensión transitoria	+	-	-	+	-	Los sistemas con corrientes de falla altas pueden causar sobretensiones transitorias

Sobretensión en caso de avería del transformador (primario/secundario)	-	+	+	+	+	En el sistema TT existe un desequilibrio de tensión entre los diferentes electrodos de tierra. Los demás sistemas están interconectados a un único electrodo de tierra.
Compatibilidad electromagnética						
Inmunidad a los rayos cercanos	-	+	+	+	+	En el sistema TT pueden existir desequilibrios de tensión entre los electrodos de tierra. En el sistema TT, existe un bucle de corriente importante entre los dos electrodos de tierra separados.
Inmunidad a la caída de rayos en líneas de MT	-	-	-	-	-	Todos los SEAs son equivalentes cuando una línea de MT recibe la caída directa de un rayo.
Emisión continua de un campo electromagnético.	+	+	-	+	+	La conexión del PEN a las estructuras metálicas del edificio favorece la generación continua de campos electromagnéticos.
No equipotencialidad transitoria del PE	+	-	-	+	-	El PE ya no es equipotencial si hay una corriente de falla alta
continuidad del servicio						
Interrupción por primera falta	-	-	-	+	+	Sólo el sistema IT evita el disparo ante el primer fallo de aislamiento
Caída de tensión durante un fallo de aislamiento	+	-	-	+	-	Los sistemas TN-S, TNC e IT (2º fallo) generan elevadas corrientes de fallo que pueden provocar caídas de tensión entre fases.
Instalación						
Dispositivos especiales	-	+	+	-	-	El sistema TT requiere el uso de RCD. El sistema informático requiere el uso de IMD
Número de electrodos de tierra	-	+	+	-/+	-/+	El sistema TT requiere dos electrodos de tierra distintos. El sistema IT ofrece la posibilidad de elegir entre uno o dos electrodos de tierra.
Número de cables	-	-	+	-	-	Sólo el sistema TN-C ofrece, en determinados casos, una reducción del número de cables.
Mantenimiento						
Coste de las reparaciones	-	--	--	-	--	El costo de las reparaciones depende del daño causado por la amplitud de las corrientes de falla.

Daños en la instalación	+	-	-	++	-	Los sistemas que causan corrientes de falla altas requieren una verificación de la instalación después de eliminar la falla.
-------------------------	---	---	---	----	---	--

- IT-net cuando ocurre una primera falla.
- IT-net cuando ocurre una segunda falla.

Fig. E17 – Influencia de las redes y cargas en la selección de las disposiciones de puesta a tierra del sistema

Tipo de red		Aconsejado	Posible	No aconsejado
Red muy amplia con electrodos de tierra de alta calidad para partes conductoras expuestas (10 Ω máx.)			TT, TN, IT ^[a] o mixto	
Red muy grande con electrodos de tierra de baja calidad para partes conductoras expuestas (> 30 Ω)		Tennessee	TN-S	TI ^[a] TN-C
Área perturbada (tormentas) (por ejemplo, transmisor de televisión o radio)		Tennessee	TT	eso ^[b]
Red con altas corrientes de fuga (> 500 mA)		TN ^[c]	IT ^[c] TT ^[d] ^[c]	
Red con líneas aéreas exteriores		TT ^[e]	TN ^[e] ^[f]	eso ^[f]
Grupo electrógeno de reserva de emergencia		ÉL	TT	TN ^[g]
Tipo de cargas				
Cargas sensibles a altas corrientes de falla (motores, etc.)		ÉL	TT	TN ^[h]
Cargas con bajo nivel de aislamiento (hornos eléctricos, máquinas de soldar, resistencias, calentadores de inmersión, equipos de grandes cocinas)		TN ^[yoi]	TT ^[yoi]	ÉL
Numerosas cargas monofásicas fase-neutro (móviles, semifijas, portátiles)		TT ^[i] TN-S		TI ^[i] TN-C ^[i]
Cargas con riesgos importantes (polipastos, transportadores, etc.)		TN ^[k]	TT ^[k]	eso ^[k]

Numerosos auxiliares (máquinas herramienta)		TN-S	TN-C TI ^[u]	TT ^[m]
Misceláneas				
Alimentación mediante transformador de potencia conectado estrella-estrella ^[n]		TT	TI sin neutral	IT ^[n] con neutro
Locales con riesgo de incendio		eso ^[o]	TN-S ^[o] TT ^[o]	TN-C ^[p]
Aumento del nivel de potencia de la suscripción de servicios públicos de BT, que requiere una subestación privada		TT ^[q]		
Instalación con modificaciones frecuentes.		TT ^[r]		TN ^[s] TI ^[s]
Instalaciones donde la continuidad de los circuitos de tierra es incierta (lugares de trabajo, instalaciones antiguas)		TT ^[t]	TN-S	TN-C TI ^[t]
Equipos electrónicos (computadoras, PLC)		TN-S	TT	TN-C
Red de control-monitorización de máquinas, sensores y actuadores PLC		eso ^[t]	TN-S, TT	

- Cuando el SEAno está impuesto por normativa, se selecciona según el nivel de características operativas (continuidad del servicio obligatorio por razones de seguridad o deseado para mejorar la productividad, etc.). Cualquiera que sea el SEA, la probabilidad de un fallo de aislamiento aumenta con la longitud de la red. Puede ser una buena idea fragmentar la red, lo que facilita la localización de fallos y permite implementar el sistema aconsejado anteriormente para cada tipo de aplicación.
- El riesgo de descarga eléctrica en el limitador de sobretensión convierte el neutro aislado en un neutro conectado a tierra. Estos riesgos son elevados en regiones con frecuentes tormentas o instalaciones alimentadas por líneas aéreas. Si se selecciona el sistema TI para garantizar un mayor nivel de continuidad del servicio, el diseñador del sistema debe calcular con precisión las condiciones de disparo para una segunda falla.
- Cualquiera que sea el EAS, la solución ideal es aislar la sección perturbadora si puede identificarse fácilmente.
- Riesgo de disparos molestos del RCD.
- Riesgos de faltas fase-tierra que afecten a la equipotencialidad.
- El aislamiento es incierto debido a la humedad y al polvo conductor.
- No se recomienda el sistema TN debido al riesgo de dañar el generador en caso de falla interna. Es más, cuando los grupos electrógenos suministran equipos de seguridad, el sistema no debe dispararse ante la primera falla.
- La corriente fase-tierra puede ser varias veces superior a I_n , con el riesgo de dañar o acelerar el envejecimiento de los devanados del motor o de destruir los circuitos magnéticos.
- Para combinar continuidad de servicio y seguridad, es necesario y muy recomendable, sea cual sea el MAR, separar estas cargas del resto de la instalación (transformadores con conexión de neutro local).

- j. Cuando la calidad del equipo de carga no es una prioridad de diseño, existe el riesgo de que la resistencia del aislamiento caiga rápidamente. El sistema TT con RCD es el mejor medio para evitar problemas.
- k. La movilidad de este tipo de carga provoca frecuentes fallos (contacto deslizante para la unión de partes conductoras expuestas) que es necesario combatir. Cualquiera que sea el MAR, se aconseja alimentar estos circuitos mediante transformadores con conexión a neutro local.
- l. Con doble rotura en el circuito de control.
- m. Requiere el uso de transformadores con sistema TN local para evitar riesgos operativos y disparos molestos ante la primera falla (TT) o doble falla (IT).
- n. Limitación excesiva de la corriente fase-neutro debido al alto valor de la impedancia de fase cero (al menos 4 a 5 veces la impedancia directa). Este sistema debe ser sustituido por una disposición estrella-triángulo.
- o. Cualquiera que sea el sistema, el RCD debe configurarse en $\Delta n \leq 500$ mA.
- p. Las altas corrientes de falla hacen que el sistema TN sea peligroso. El sistema TN-C está prohibido.
- q. Una instalación alimentada con energía BT debe utilizar el sistema TT. Mantener este SEA significa la menor cantidad de modificaciones en la red existente (sin necesidad de tender cables, ni de dispositivos de protección que modificar).
- r. Posible sin personal de mantenimiento altamente competente.
- s. Este tipo de instalación requiere especial atención para mantener la seguridad. La ausencia de medidas preventivas en el sistema TN hace que se requiera personal altamente cualificado para garantizar la seguridad en el tiempo.
- t. Los riesgos de rotura de los conductores (alimentación, protección) pueden provocar la pérdida de equipotencialidad de las partes conductoras expuestas. Se recomienda y suele ser obligatorio un sistema TT o un sistema TN-S con RCD de 30 mA. El sistema informático podrá utilizarse en casos muy concretos.
- u. Esta solución evita disparos molestos por fugas a tierra inesperadas.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Elección del método de puesta a tierra - implementación

Después de consultar las regulaciones aplicables, **la Figura E16** y **la Figura E17** se pueden utilizar como ayuda para decidir las divisiones y el posible aislamiento galvánico de las secciones apropiadas de una instalación propuesta.

División de fuente

Esta técnica implica el uso de varios transformadores en lugar de emplear una unidad de alta potencia. De esta manera, una carga que es fuente de perturbaciones en la red (grandes motores, hornos, etc.) puede ser alimentada por su propio transformador.

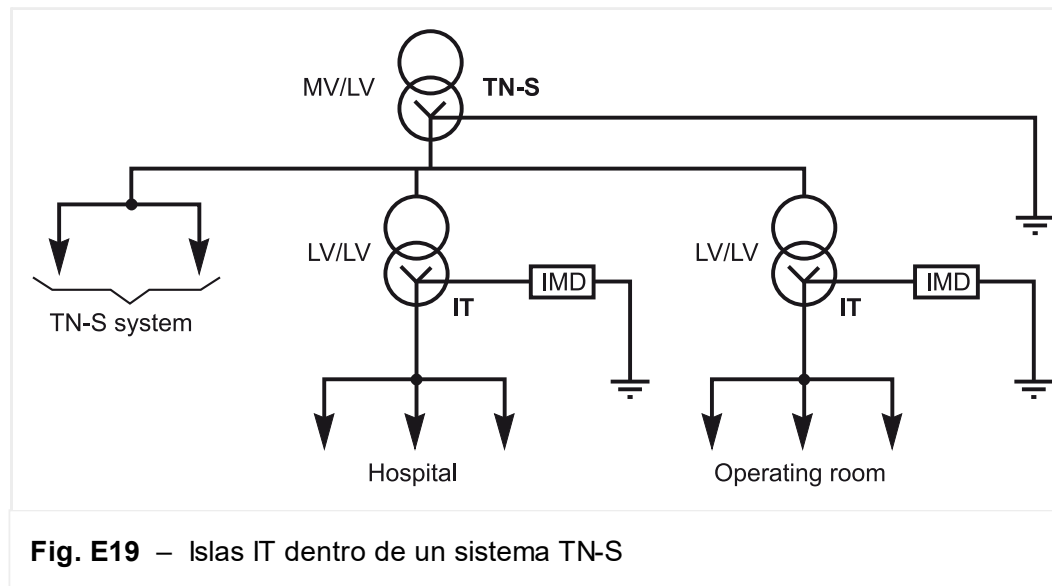
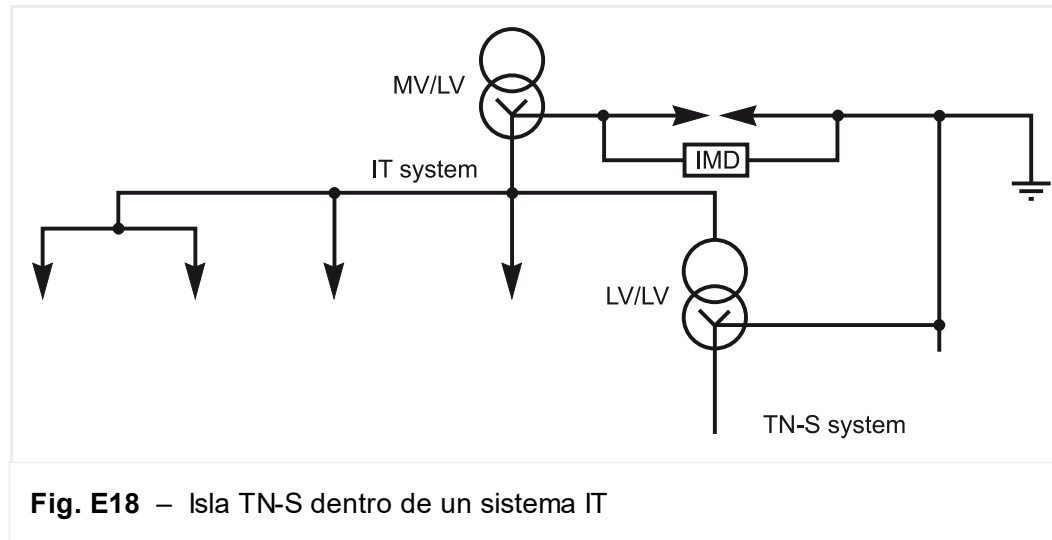
De este modo se mejora la calidad y continuidad del suministro de toda la instalación.

Se reduce el coste del cuadro (el nivel de corriente de cortocircuito es menor).

La rentabilidad de los transformadores separados debe determinarse caso por caso.

Islas de red

La creación de “islas” galvánicamente separadas mediante transformadores BT/BT permite optimizar la elección de los métodos de puesta a tierra para satisfacer requisitos específicos (ver **Fig. E18** y **Fig. E19**).



Conclusión

La optimización del rendimiento de toda la instalación rige la elección del sistema de puesta a tierra.

Incluido:

- Inversiones iniciales, y
- Gastos operativos futuros, difíciles de evaluar, que pueden surgir de una fiabilidad insuficiente, calidad de los equipos, seguridad, continuidad del servicio, etc.

Una estructura ideal comprendería fuentes de alimentación normales, fuentes de alimentación de reserva locales (ver [Criterios de selección para los sistemas TT, TN e IT](#)) y las disposiciones de puesta a tierra adecuadas.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Instalación y medidas de electrodos de tierra.

Un método muy eficaz para obtener una conexión a tierra de baja resistencia es enterrar un conductor en forma de bucle cerrado en el suelo en el fondo de la excavación para los cimientos de la construcción.

La resistencia R de dicho electrodo (en suelo homogéneo) viene dada (aproximadamente) en

ohmios por:
$$R = \frac{2\rho}{L}$$

dónde

L = longitud del conductor enterrado en metros

ρ = resistividad del suelo en ohmímetros

La calidad de una toma de tierra (resistencia lo más baja posible) depende esencialmente de dos factores:

- Metodo de instalacion
- tipo de suelo

Métodos de instalación

Se discutirán tres tipos comunes de instalación:

anillo enterrado

(ver **figura E20**)

Esta solución es muy recomendable, especialmente en el caso de un edificio nuevo.

El electrodo debe enterrarse alrededor del perímetro de la excavación realizada para los cimientos. Es importante que el conductor desnudo esté en contacto íntimo con el suelo (y no colocado en la grava o agregado de núcleo duro, que a menudo forma una base para el concreto). Para las conexiones de instalación se deben prever al menos cuatro conductores (ampliamente espaciados) dispuestos verticalmente desde el electrodo y, cuando sea posible, se deben conectar al electrodo cualquier varilla de refuerzo en trabajos de hormigón.

El conductor que forma la toma de tierra, especialmente cuando se coloca en una excavación para cimentaciones, debe estar enterrado al menos a 50 cm por debajo de la base de núcleo duro o agregado de la cimentación de hormigón. Ni el electrodo ni los conductores verticales ascendentes a planta baja, deben estar nunca en contacto con el hormigón de cimentación.

En edificios existentes, el conductor del electrodo debe enterrarse alrededor de la pared exterior del local a una profundidad de al menos 1 metro. Como regla general, todas las conexiones verticales desde un electrodo hasta el nivel del suelo deben estar aisladas para la tensión nominal de BT (600-1000 V).

Los conductores podrán ser:

- Cobre: Cable desnudo ($\geq 25 \text{ mm}^2$) o multi-tira ($\geq 25 \text{ mm}^2$) y ($\geq 2 \text{ mm}$ de espesor)
- Aluminio con cubierta de plomo: Cable ($\geq 35 \text{ mm}^2$)
- Cable de acero galvanizado: Cable desnudo ($\geq 95 \text{ mm}^2$) o multilamas ($\geq 100 \text{ mm}^2$ y $\geq 3 \text{ mm}$ de espesor)

La resistencia aproximada R del electrodo en ohmios: $R = \frac{2\rho}{L}$

dónde

L = longitud del conductor en metros

ρ = resistividad del suelo en ohmímetros (ver [Influencia del tipo de suelo](#))

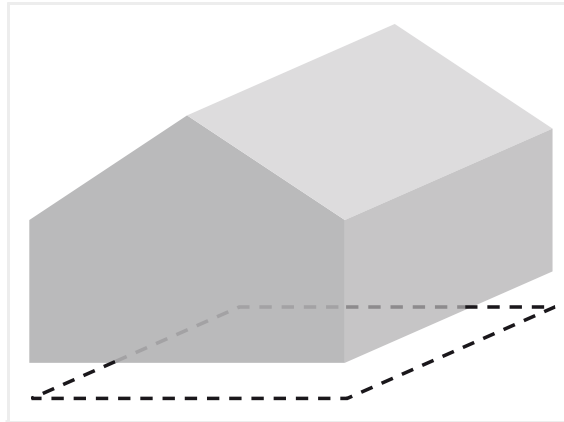


Fig. E20 – Conductor enterrado por debajo del nivel de los cimientos, es decir, no en el hormigón

Varillas de puesta a tierra

(ver **figura E21**)

$$\text{Para } n \text{ varillas: } R = \frac{1}{n} \frac{\rho}{L}$$

Las picas de puesta a tierra accionadas verticalmente se utilizan a menudo en edificios existentes y para mejorar (es decir, reducir la resistencia de) los electrodos de tierra existentes.

Las varillas pueden ser:

- Cobre o (más comúnmente) acero revestido de cobre. Estos últimos suelen tener una longitud de 1 o 2 metros y están provistos de extremos y casquillos atornillados para alcanzar profundidades considerables, si es necesario (por ejemplo, el nivel freático en zonas de alta resistividad del suelo).

- Tubería de acero galvanizado ^[1] de ≥ 25 mm de diámetro o varilla de ≥ 15 mm de diámetro, ≥ 2 metros de longitud en cada caso.

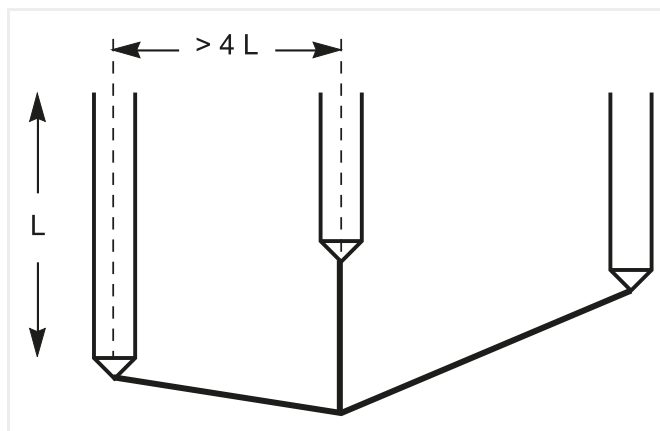


Fig. E21 – Varillas de tierra conectadas en paralelo

A menudo es necesario utilizar más de una varilla, en cuyo caso la separación entre ellas debe exceder la profundidad a la que se introducen, por un factor de 2 a 3.

La resistencia total (en suelo homogéneo) es entonces igual a la resistencia de una varilla dividida por el número de varillas en cuestión.

La resistencia aproximada R obtenida es: $R = \frac{1}{n} \frac{\rho}{L}$ si la distancia que separa las varillas $> 4L$

dónde

L = la longitud de la varilla en metros

ρ = resistividad del suelo en ohmios-metros (ver [Influencia del tipo de suelo](#))

n = el número de varillas

Placas verticales

(ver **figura E22**)

Para un electrodo de placa vertical: $R = \frac{0.8 \rho}{L}$

Como electrodos de tierra se utilizan habitualmente placas rectangulares, cada lado de las cuales debe tener $\geq 0,5$ metros, enterradas en un plano vertical de manera que el centro de la placa quede al menos a 1 metro por debajo de la superficie del suelo.

Las placas pueden ser:

- Cobre de 2 mm de espesor.
- Acero galvanizado ^[1] de 3 mm de espesor

La resistencia R en ohmios viene dada (aproximadamente) por: $R = \frac{0.8 \rho}{L}$

dónde

L = el perímetro de la placa en metros

ρ = resistividad del suelo en ohmios-metros (ver [Influencia del tipo de suelo](#))

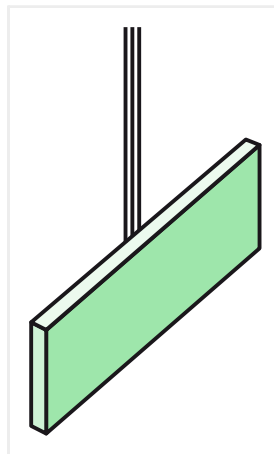


Fig. E22 – Placa vertical - 2 mm de

espesor (Cu)

Influencia del tipo de suelo

Las mediciones en electrodos de tierra en suelos similares son útiles para determinar el valor de resistividad a aplicar para el diseño de un sistema de electrodos de tierra.

Fig. E23 – Resistividad (Ωm) para diferentes tipos de suelo

tipo de suelo	Valor medio de resistividad en Ωm
Suelo pantanoso, turberas	1 - 30
aluvión de limo	20 - 100
Humus, moho de las hojas	10 - 150
turba, césped	5 - 100
Arcilla suave	50
Margas y arcillas compactadas	100 - 200
marga jurásica	30 - 40
Arena arcillosa	50 - 500
Arena silícea	200 - 300
Suelo pedregoso	1.500 - 3.000
Subsuelo pedregoso cubierto de hierba	300 - 500
suelo calcáreo	100 - 300
Caliza	1.000 - 5.000
Caliza fisurada	500 - 1.000
esquisto, esquisto	50 - 300
esquisto de mica	800
Granito y arenisca	1.500 - 10.000

Granito modificado y arenisca	100 - 600
-------------------------------	-----------

Fig. E24 – Valores de resistividad promedio (Ωm) para un tamaño aproximado del electrodo de tierra

tipo de suelo	Valor medio de resistividad en Ωm
Suelo fértil, relleno húmedo compactado.	50
Suelo árido, grava, relleno no uniforme no compactado	500
Suelo pedregoso, arena desnuda y seca, rocas fisuradas	3000

Medición y constancia de la resistencia entre un electrodo de tierra y la tierra.

La resistencia de la interfaz electrodo/tierra rara vez permanece constante

Entre los principales factores que afectan esta resistencia se encuentran los siguientes:

- **Humedad del suelo**
Los cambios estacionales en el contenido de humedad del suelo pueden ser significativos a profundidades de hasta 2 metros.
A una profundidad de 1 metro la resistividad y por tanto la resistencia pueden variar en una proporción de 1 a 3 entre un invierno húmedo y un verano seco en regiones templadas.
- **escarcha**
La tierra congelada puede aumentar la resistividad del suelo en varios órdenes de magnitud. Ésta es una de las razones para recomendar la instalación de electrodos profundos, en particular en climas fríos.
- **Envejecimiento**
Los materiales utilizados para los electrodos generalmente se deteriorarán hasta cierto punto por diversas razones, por ejemplo:
 - Reacciones químicas (en suelos ácidos o alcalinos)
 - Galvánico: debido a corrientes continuas parásitas en la tierra, por ejemplo de ferrocarriles eléctricos, etc. o debido a metales disímiles que forman células primarias. Diferentes suelos que actúan sobre secciones del mismo conductor también pueden formar áreas catódicas y anódicas con la

consiguiente pérdida de metal superficial de estas últimas áreas. Desafortunadamente, las condiciones más favorables para una baja resistencia del electrodo de tierra (es decir, baja resistividad del suelo) son también aquellas en las que las corrientes galvánicas pueden fluir más fácilmente.

- Oxidación

Las uniones y conexiones soldadas y soldadas son los puntos más sensibles a la oxidación. Una medida preventiva comúnmente utilizada es limpiar a fondo una junta o conexión recién hecha y envolverla con una cinta adhesiva engrasada adecuada.

Medición de la resistencia del electrodo de tierra.

Siempre debe haber uno o más enlaces extraíbles para aislar un electrodo de tierra y poder probarlo.

Siempre deberán existir conexiones desmontables que permitan aislar la toma de tierra de la instalación, de modo que se puedan realizar pruebas periódicas de la resistencia de puesta a tierra. Para realizar tales pruebas, se requieren dos electrodos auxiliares, cada uno de los cuales consta de una varilla accionada verticalmente.

- Método del amperímetro (ver **Fig. E25**)

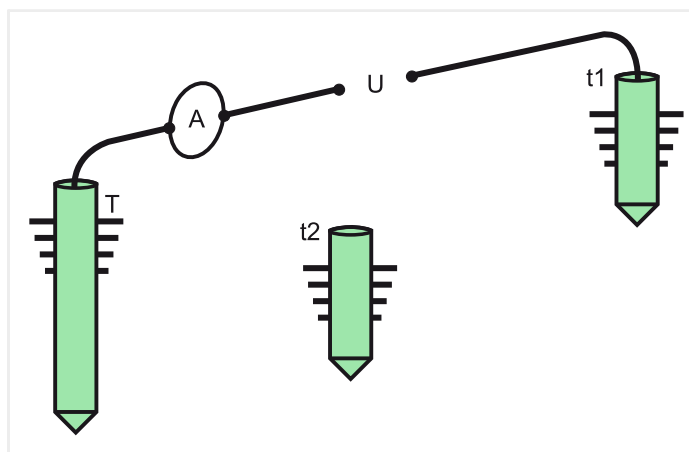


Fig. E25 – Medida de la resistencia a tierra del electrodo de tierra de una instalación mediante un

amperímetro

$$A = R_T + R_{t1} = \frac{U_{Tt1}}{i_1}$$

$$B = R_{t1} + R_{t2} = \frac{U_{t1t2}}{i_2}$$

$$C = R_{t2} + R_T = \frac{U_{t2T}}{i_3}$$

Cuando el voltaje de la fuente U es constante (ajustado para que sea el mismo valor para cada prueba), entonces:

$$R_T = \frac{U}{2} \left(\frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_3} - \frac{1}{i_2} \right)$$

Para evitar errores por corrientes parásitas a tierra (galvánicas -DC- o corrientes de fuga de redes de potencia y comunicaciones, etc.) la corriente de prueba debe ser CA, pero a una frecuencia diferente a la del sistema eléctrico o cualquiera de sus armónicos. . Los instrumentos que utilizan generadores manuales para realizar estas mediciones suelen producir un voltaje de CA a una frecuencia de entre 85 Hz y 135 Hz.

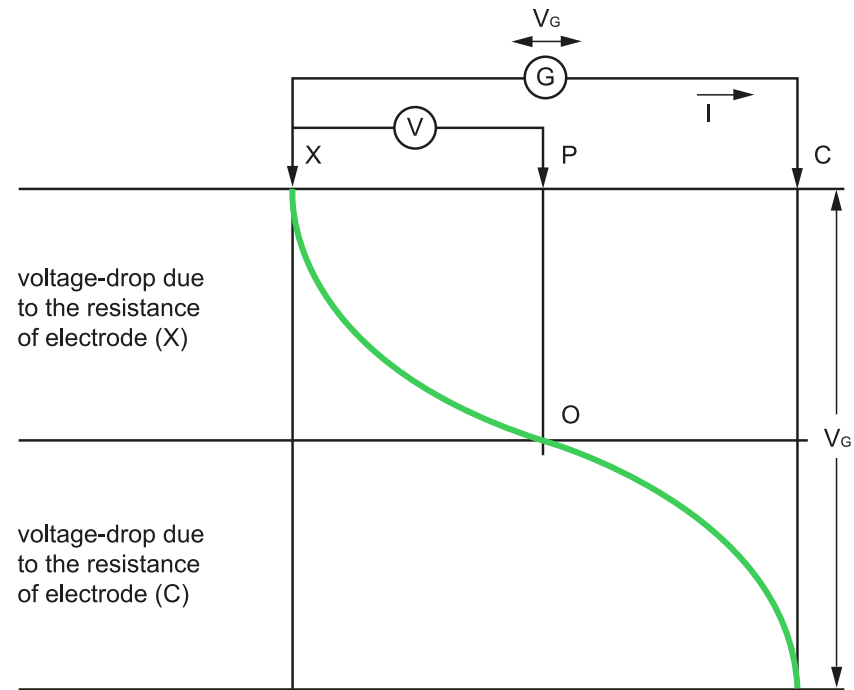
Las distancias entre los electrodos no son críticas y pueden estar en diferentes direcciones desde el electrodo que se está probando, según las condiciones del sitio. Generalmente se realizan varias pruebas en diferentes espaciamientos y direcciones para verificar los resultados de las pruebas.

- Uso de un óhmetro de resistencia a tierra de lectura directa

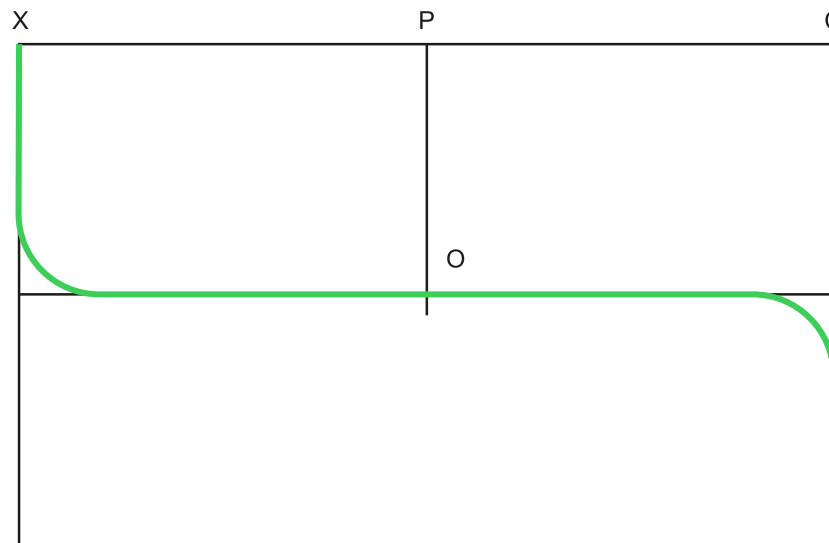
Estos instrumentos utilizan un generador de CA de tipo electrónico o manual, junto con dos electrodos auxiliares, cuyo espaciado debe ser tal que la zona de influencia del electrodo que se está probando no se superponga a la del electrodo de prueba (C). El electrodo de prueba (C) más alejado del electrodo (X) bajo prueba pasa una corriente a través de la tierra y el electrodo bajo prueba, mientras que el segundo electrodo de prueba (P) toma un voltaje. Esta tensión, medida entre (X) y (P), se debe a la corriente de prueba y es una medida de la resistencia de contacto (del electrodo bajo prueba) con tierra. Está claro que la distancia (X) a (P) debe elegirse cuidadosamente para dar resultados precisos. Sin embargo, si se aumenta la distancia (X) a (C), las zonas de resistencia de los electrodos (X) y (C) se vuelven más alejadas una de la otra, y la curva de potencial (voltaje) se vuelve más casi horizontal alrededor de el punto (O).

Por lo tanto, en pruebas prácticas, la distancia (X) a (C) se aumenta hasta que las lecturas tomadas con el electrodo (P) en tres puntos diferentes, es decir, en (P) y aproximadamente a 5 metros a cada lado de (P), den resultados similares. valores. La distancia (X) a (P) es generalmente aproximadamente 0,68 de la distancia (X) a (C).

Fig. E26 – Medición de la resistencia a la masa de tierra del electrodo (X) utilizando un óhmetro de prueba de electrodos de tierra



[a] el principio de medición se basa en condiciones de suelo homogéneas supuestas. Cuando las zonas de influencia de los electrodos C y X se superponen, la ubicación del electrodo de prueba P es difícil de determinar para obtener resultados satisfactorios.



[b] que muestra el efecto sobre el gradiente de potencial cuando (X) y (C) están muy espaciados. La ubicación del electrodo de prueba P no es crítica y puede determinarse fácilmente.

Notas

1. Cuando se utilizan materiales conductores galvanizados para electrodos de tierra, pueden ser necesarios ánodos de protección catódica de sacrificio para evitar la rápida corrosión de los electrodos donde el suelo es agresivo. Se encuentran disponibles ánodos de magnesio especialmente preparados (en un saco poroso lleno de una "tierra" adecuada) para la conexión directa a los electrodos. En tales circunstancias, se debe consultar a un especialista.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



El sistema de instalación

Esta página se editó por última vez el 4 de agosto de 2022 a las 07:37.



Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución, incluido el Cuadro Principal de BT (MLVS), son fundamentales para la confiabilidad de una instalación eléctrica. Deben cumplir con normas bien definidas que rigen el diseño y la construcción de conjuntos de aparamenta de baja tensión.

Un cuadro de distribución es el punto en el que una fuente de alimentación entrante se divide en circuitos separados, cada uno de los cuales está controlado y protegido por los fusibles o el interruptor del cuadro de distribución. Un cuadro de distribución se divide en una serie de unidades funcionales, comprendiendo cada una de ellas todos los elementos eléctricos y mecánicos que contribuyen al cumplimiento de una función determinada. Representa un eslabón clave en la cadena de confiabilidad.

En consecuencia, el tipo de cuadro de distribución debe adaptarse perfectamente a su aplicación. Su diseño y construcción deben cumplir con las normas y prácticas de trabajo aplicables.

El gabinete del tablero de distribución proporciona doble protección:

- Protección de aparamenta, instrumentos indicadores, relés, fusibles, etc. contra impactos mecánicos, vibraciones y otras influencias externas que puedan interferir con la integridad operativa (EMI, polvo, humedad, insectos, etc.)

- La protección de la vida humana contra la posibilidad de descargas eléctricas directas e indirectas (ver grado de protección IP y el índice IK en [Lista de influencias externas](#)).

Tipos de cuadros de distribución.

Los requisitos de carga dictan el tipo de cuadro de distribución que se instalará.

Los cuadros de distribución pueden diferir según el tipo de aplicación y el principio de diseño adoptado (en particular, en la disposición de las barras).

Cuadros de distribución según aplicaciones específicas

Los principales tipos de cuadros de distribución son:

- El cuadro de distribución principal de BT - MLVS - (ver **Figura E27a**)
- Centros de control de motores - MCC - (ver **Figura E27b**)

Fig. E27 – Ejemplos de cuadro principal de BT y centro de control de motores



[a] Cuadro principal de BT - MLVS - (Prisma P) con circuitos de entrada en forma de electroductos



[b] MLVS + centro de control de motores - MCC - (Okken)

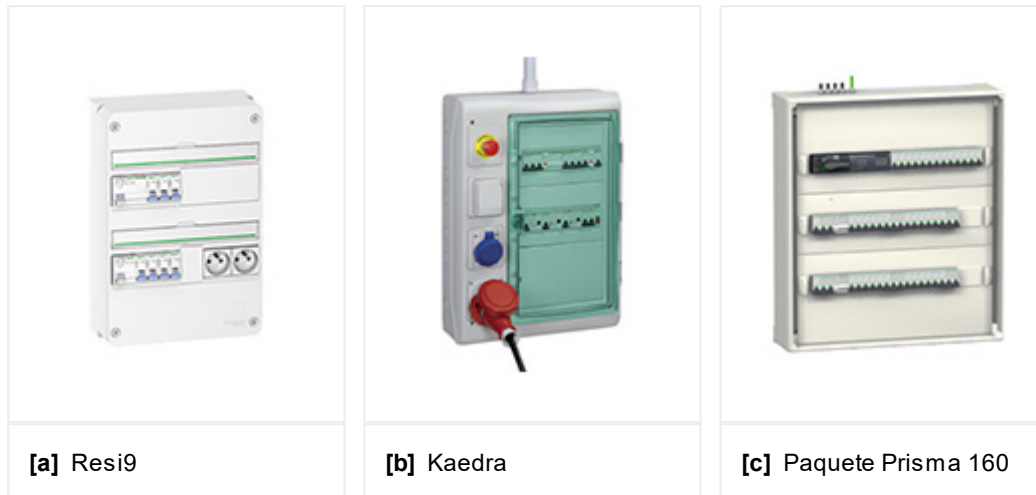
- Cuadros de subdistribución (ver **Figura E28**)



Fig. E28 – Un cuadro de subdistribución (Prisma G)

- Cuadros de distribución final (ver **Figura E29**)

Fig. E29 – Cuadros de distribución final



Los cuadros de distribución para aplicaciones específicas (por ejemplo, calefacción, ascensores, procesos industriales) se pueden ubicar:

- Adyacente al cuadro principal de BT, o
- Cerca de la aplicación en cuestión

Los cuadros de subdistribución y distribución final se encuentran generalmente distribuidos por todo el recinto.

Dos tecnologías de cuadros de distribución.

Se hace una distinción entre:

- Cuadros de distribución universal en los que los cuadros y fusibles, etc., se fijan a un chasis en la parte posterior de un gabinete.
- Cuadros de distribución funcionales para aplicaciones específicas, basados en diseño modular y estandarizado.

Cuadros de distribución universales

Los cuadros de distribución y fusibles, etc., normalmente se encuentran en un chasis en la parte trasera del gabinete. Los dispositivos de indicación y control (medidores, lámparas, pulsadores, etc.) están montados en la cara frontal del cuadro.

La colocación de los componentes dentro del gabinete requiere un estudio muy cuidadoso, teniendo en cuenta las dimensiones de cada elemento, las conexiones a realizar y los espacios libres necesarios para garantizar un funcionamiento seguro y sin problemas.

Cuadros de distribución funcionales

Generalmente dedicados a aplicaciones específicas, estos cuadros de distribución están compuestos por módulos funcionales que incluyen dispositivos de aparamenta junto con accesorios estandarizados de montaje y conexión, asegurando un alto nivel de confiabilidad y una gran capacidad de cambios de última hora y futuros.

Muchas ventajas

El uso de cuadros de distribución funcional se ha extendido a todos los niveles de la distribución eléctrica de BT, desde el cuadro principal de BT (MLVS) hasta los cuadros de distribución final, debido a sus múltiples ventajas:

- Modularidad del sistema que permite integrar numerosas funciones en un solo cuadro de distribución, incluyendo protección, mantenimiento, operación y actualizaciones del cuadro de distribución.
- El diseño de cuadros de distribución es rápido porque simplemente implica agregar módulos funcionales
- Los componentes prefabricados se pueden montar más rápido
- Finalmente, estos cuadros de distribución se someten a pruebas de tipo que aseguran un alto grado de confiabilidad.

Las gamas Prisma G y P de cuadros de distribución funcional de Schneider Electric cubren necesidades de hasta 3200 A y ofrecen:

- Flexibilidad y facilidad en la construcción de cuadros de distribución.
- Certificación de un cuadro de distribución que cumple con la norma IEC 61439 y garantía de servicio en condiciones seguras.
- Ahorro de tiempo en todas las etapas, desde el diseño hasta la instalación, operación y modificaciones o actualizaciones.
- Fácil adaptación, por ejemplo para cumplir con los hábitos y estándares de trabajo específicos en diferentes países.

Las Figuras **E27a**, **E28** y **E29** muestran ejemplos de tableros de distribución funcional que varían para todas las clasificaciones de potencia y la **Figura E27b** muestra un tablero de distribución funcional industrial de alta potencia.

Principales tipos de unidades funcionales.

En los cuadros de distribución funcional se utilizan tres tecnologías básicas.

- **Unidades funcionales fijas** (ver **Fig. E30**)

Estos equipos no pueden aislarse del suministro, por lo que cualquier intervención de mantenimiento, modificaciones, etc., requiere el apagado de todo el cuadro de distribución. Sin embargo, se pueden utilizar dispositivos enchufables o extraíbles para minimizar los tiempos de parada y mejorar la disponibilidad del resto de la instalación.



Fig. E30 – Montaje de un cuadro de distribución final con unidades funcionales fijas (Prisma G)

- **Unidades funcionales desconectables** (ver **Fig. E31**)

Cada unidad funcional está montada sobre una placa de montaje extraíble y provista de un medio de aislamiento en el lado aguas arriba (barras colectoras) y medios de desconexión en el lado aguas abajo (circuito de salida). Por lo tanto, se puede retirar la unidad completa para realizar tareas de mantenimiento,

sin necesidad de una parada general.



Fig. E31 – Cuadro de distribución con unidades funcionales desconectables

- **Unidades funcionales extraíbles tipo cajón (ver Fig. E32)**

El cuadro y los accesorios asociados para una función completa están montados en un chasis extraíble horizontalmente tipo cajón. La función es generalmente compleja y a menudo se refiere al control motor.

El aislamiento es posible tanto en el lado de entrada como en el de salida mediante la retirada completa del cajón, lo que permite una rápida sustitución de una unidad defectuosa sin desenergizar el resto del cuadro de distribución.



Fig. E32 – Cuadro de distribución con unidades funcionales extraíbles en cajones

Normas IEC 61439

El cumplimiento de las normas aplicables es esencial para garantizar un grado adecuado de fiabilidad.

La serie de normas IEC 61439 ("Conjuntos de aparamenta y control de baja tensión") se ha desarrollado para proporcionar a los usuarios finales de cuadros de distribución un alto nivel de confianza en términos de **seguridad y disponibilidad de energía**.

Los aspectos de seguridad incluyen:

- Seguridad de las personas (riesgo de electrocución),
- Riesgo de fuego,
- Riesgo de explosión.

La disponibilidad de energía es un problema importante en muchos sectores de actividad, con un alto posible impacto económico en caso de una interrupción prolongada consecutiva a un fallo del cuadro eléctrico.

Las normas brindan los requisitos de diseño y verificación para que no se esperen fallas en caso de falla, perturbación u operación en condiciones ambientales severas.

El cumplimiento de las normas garantizará que el cuadro de distribución funcione correctamente no sólo en condiciones normales, sino también en condiciones difíciles.

Tres elementos de las normas IEC 61439-1 y 61439-2 contribuyen significativamente a la confiabilidad:

- Definición clara de unidades funcionales.
- Formas de separación entre unidades funcionales adyacentes de acuerdo con los requisitos del usuario.
- Pruebas de verificación claramente definidas y verificación de rutina.

Estructura estándar

La serie de normas IEC 61439 consta de una norma básica (IEC 61439-1) que proporciona las reglas generales y varias normas relacionadas que detallan cuáles de estas reglas generales se aplican (o no, o deben adaptarse) para tipos específicos de conjuntos:

- IEC/TR 61439-0: Guía para especificar conjuntos
- IEC 61439-1: Reglas generales
- IEC 61439-2: Conjuntos de aparamenta y control de potencia.
- IEC 61439-3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personas comunes (DBO)
- IEC 61439-4: Requisitos particulares para conjuntos para obras de construcción (ACS)
- IEC 61439-5: Conjuntos para distribución de energía en redes públicas.
- IEC 61439-6: Sistemas de canalización prefabricada (canales colectores)
- IEC/TS 61439-7: Conjuntos para aplicaciones específicas como puertos deportivos, campings, plazas de mercado, estaciones de carga de vehículos eléctricos.

La primera edición (IEC 61439-1 y 2) de estos documentos se publicó en 2009, con una revisión en 2011.

Mejoras importantes con el estándar IEC61439

En comparación con la serie anterior IEC60439, se han introducido varias mejoras importantes para beneficio del usuario final.

Requisitos basados en las expectativas del usuario final

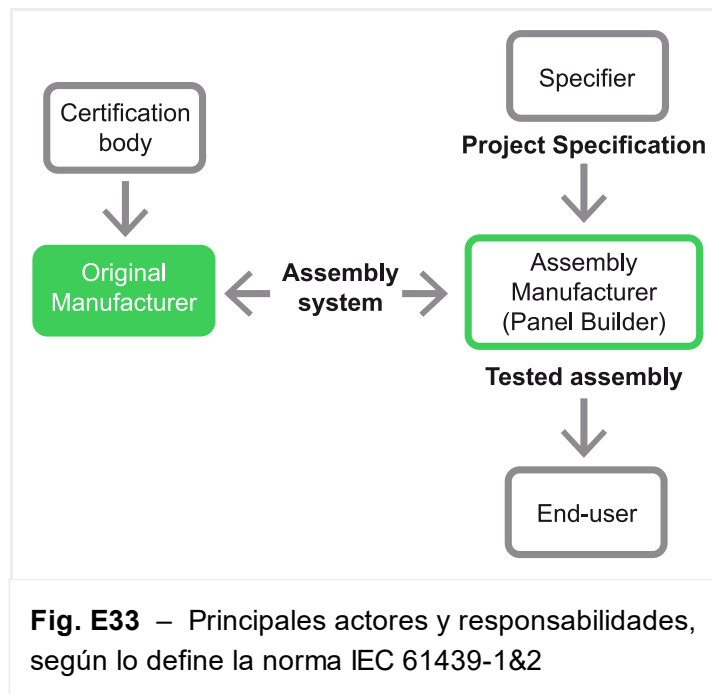
Los diferentes requisitos incluidos en los estándares se han introducido para cumplir con las expectativas del Usuario Final:

- Capacidad para operar la instalación eléctrica,
- Capacidad de resistencia al estrés de tensión,
- Capacidad de carga actual,
- Capacidad de resistencia a cortocircuitos,
- Compatibilidad electromagnética,
- Protección contra descargas eléctricas,
- Capacidades de mantenimiento y modificación,
- Capacidad para ser instalado en el sitio,
- Protección contra el riesgo de incendio,
- Protección contra las condiciones ambientales.

Definición clara de responsabilidades.

El papel de los diferentes actores ha sido claramente definido y se puede resumir en la siguiente **Figura E33**

.



Se califican como **Conjunto** los Cuadros de Distribución , que incluyen los dispositivos de conmutación, equipos de control, medición, protección, regulación, con todas las interconexiones eléctricas y mecánicas internas y sus partes estructurales. **Los sistemas de montaje** incluyen componentes mecánicos y eléctricos (armarios, barras colectoras, unidades funcionales, etc.).

El **fabricante original** es la organización que ha llevado a cabo el diseño original y la verificación asociada de un conjunto de acuerdo con la norma pertinente. Es responsable de las **verificaciones de diseño** enumeradas por IEC 61439-2, incluidas muchas pruebas eléctricas.

La verificación podrá ser supervisada por un **organismo de Certificación** , proporcionando certificados al Fabricante Original. Estos certificados pueden transmitirse al **Especificador** o al Usuario final a petición de estos.

El **fabricante del conjunto** , generalmente un cuadrista, es la organización que asume la responsabilidad del conjunto realizado. El montaje debe realizarse según las instrucciones del fabricante original. Si el fabricante del conjunto se basa en las instrucciones del fabricante original, deberá realizar nuevamente nuevas verificaciones de diseño.

Estas desviaciones también deben enviarse al fabricante original para su validación.

Al finalizar el montaje, **las verificaciones rutinarias** deberán ser realizadas por el fabricante del conjunto (cuadrista).

El resultado es un conjunto completamente probado, para el cual el fabricante original ha realizado verificaciones de diseño y verificaciones de rutina realizadas por el fabricante del conjunto.

Este procedimiento brinda una mejor visibilidad para el usuario final, en comparación con el enfoque "**Parcialmente probado**" y "**Totalmente probado**" propuesto por la serie IEC60439 anterior.

Aclaraciones sobre la verificación del diseño, requisitos de diseño nuevos o actualizados y verificaciones de rutina.

Los estándares IEC61439 también incluyen:

- **requisitos de diseño** nuevos o actualizados (ejemplo: nueva prueba de elevación)
- **verificaciones de diseño** altamente clarificadas que se deben realizar y los métodos aceptables que se pueden utilizar (o no) para realizar estas verificaciones, para cada tipo de requisito.
- una lista más detallada de **verificaciones de rutina** y requisitos más estrictos para las autorizaciones.

Los siguientes párrafos proporcionan detalles sobre estas evoluciones.

Requerimientos de diseño

Para que un sistema de montaje o cuadro de distribución cumpla con las normas, se aplican diferentes requisitos. Estos requisitos son de 2 tipos:

- Requisitos **constructivos**
- **Requisitos de desempeño** .

Consulte **la Fig. E34** para obtener una lista detallada de requisitos.

El diseño del sistema de montaje deberá seguir estos requisitos, bajo responsabilidad del **fabricante original** .

Verificación de diseño

La verificación del diseño, bajo responsabilidad del **fabricante original** , tiene como objetivo verificar la conformidad del diseño de un conjunto o sistema de ensamblaje con los requisitos de esta serie de normas.

La verificación del diseño se puede realizar mediante:

- **Pruebas** , que deben realizarse en la variante más onerosa (peor de los casos)
- **Cálculo** , incluido el uso de márgenes de seguridad adecuados.
- **Comparación** con un diseño de referencia probado.

La norma IEC61439 ha aclarado mucho la definición de los diferentes métodos de verificación, y especifica muy claramente cuál de estos 3 métodos se puede utilizar para cada tipo de verificación de diseño, como se muestra en la **Fig. E34** .

Fig. E34 – Lista de verificaciones de diseño a realizar y opciones de verificación disponibles (tabla D.1 del Anexo D de IEC61439-1)

No.	Característica a verificar	Cláusulas o subcláusulas	Opciones de verificación disponibles		
			Pruebas	Comparación con un diseño de referencia.	Evaluación
1	Resistencia del material y las piezas:	10.2			
	Resistente a la corrosión	10.2.2	SÍ	NO	NO
	Propiedades de los materiales aislantes:	10.2.3			
	Estabilidad térmica	10.2.3.1	SÍ	NO	NO
	Resistencia al calor anormal y al fuego debido a efectos eléctricos internos.	10.2.3.2	SÍ	NO	SÍ
	Resistencia a la radiación ultravioleta (UV)	10.2.4	SÍ	NO	SÍ
	Levantamiento	10.2.5	SÍ	NO	NO
	Impacto mecánico	10.2.6	SÍ	NO	NO
	Calificación	10.2.7	SÍ	NO	NO
2	Grado de protección de los cerramientos	10.3	SÍ	NO	SÍ
3	Liquidaciones	10.4	SÍ	NO	NO
4	Distancias de fuga	10.4	SÍ	NO	NO
5	Protección contra descargas eléctricas e integridad de los circuitos de protección:	10.5			
	Continuidad efectiva entre las partes conductoras expuestas del CONJUNTO y el circuito de protección.	10.5.2	SÍ	NO	NO
	Resistencia a cortocircuitos del circuito de protección.	10.5.3	SÍ	SÍ	NO

6	Incorporación de dispositivos y componentes de conmutación.	10.6	NO	NO	SÍ
7	Circuitos y conexiones eléctricas internas.	10.7	NO	NO	SÍ
8	Terminales para conductores externos.	10.8	NO	NO	SÍ
9	Propiedades dieléctricas:	10.9			
	Tensión soportada a frecuencia industrial	10.9.2	SÍ	NO	NO
	Tensión soportada de impulso	10.9.3	SÍ	NO	SÍ
10	Límites de aumento de temperatura	10.10	SÍ	SÍ	Sí ^{un]}
11	Resistencia a cortocircuitos	10.11	SÍ	Si ^{bl]}	NO
12	Compatibilidad electromagnética (CEM)	10.12	SÍ	NO	SÍ
13	Operación mecánica	10.13	SÍ	NO	NO

- a. **La verificación de los límites de aumento de temperatura mediante evaluación** (por ejemplo, cálculo) se ha restringido y aclarado con la norma IEC61439 (2011). Amodo de síntesis:
- para corriente nominal ≤ 630 A y cuadros de un solo compartimento: se permite el cálculo basándose en una comparación entre las pérdidas totales de todos los componentes dentro de la caja y la capacidad de disipación de la caja (medida mediante una prueba con resistencias calefactoras), y una reducción obligatoria del 20% de la corriente nominal de los circuitos.
 - para corriente nominal ≤ 1600 A y cuadro con uno o varios compartimentos con máximo 3 particiones horizontales por cada sección: se permite el cálculo según IEC/TR 60890, pero con una desclasificación obligatoria del 20% de la corriente nominal de los circuitos.
 - **para corriente nominal > 1600 A, sin cálculo, solo se permiten pruebas**
- b. **La verificación de la resistencia a cortocircuitos en comparación con un diseño de referencia** se ha aclarado con la norma IEC61439.
- En la práctica, en la mayoría de los casos es obligatorio hacer esta verificación mediante ensayos (ensayo de tipo), y en cualquier caso **la comparación con un diseño de referencia sólo es posible para dispositivos de protección contra cortocircuitos del mismo fabricante**, y siempre que todos los demás Se verifican elementos de una lista de verificación comparativa muy estricta (Tabla 13 – "Verificación de cortocircuito en comparación con un diseño de referencia: lista de verificación" de IEC61439-1).

Verificación de rutina

La verificación de rutina tiene como objetivo detectar fallas en materiales y mano de obra y determinar el funcionamiento adecuado de los conjuntos fabricados. Es responsabilidad del **Fabricante del Ensamblador o Panelista**. La verificación de rutina se realiza en cada conjunto o sistema de ensamblaje fabricado.

Control a realizar:

Fig. E35 – Lista de verificaciones de rutina a realizar

Verificación de rutina	Inspección visual	Pruebas
Grado de protección de los cerramientos	Sí	-
Liquidaciones	Sí	• si $D <$ espacio libre mínimo: verificación mediante una prueba de resistencia a la tensión de impulso • Si no es evidente mediante inspección visual que es mayor que el espacio libre mínimo (por ejemplo, si $D <$ 1,5 veces el espacio libre mínimo), la verificación deberá realizarse mediante medición física o mediante una prueba de resistencia a la tensión de impulso.
Distancias de fuga	Sí	o medición si la inspección visual no es aplicable
Protección contra descargas eléctricas e integridad de los circuitos de protección.	Sí	verificación aleatoria de la estanqueidad de las conexiones del circuito de protección
Incorporación de componentes incorporados.	Sí	-
Circuitos y conexiones eléctricas internas.	Sí	o verificación aleatoria de estanqueidad
Terminales para conductores externos.	-	número, tipo e identificación de terminales
Operación mecánica	Sí	Eficacia de los elementos de accionamiento mecánico de bloqueos y enclavamientos, incluidos los asociados a piezas extraíbles.
Propiedades dieléctricas	-	Prueba dieléctrica de frecuencia industrial. Para conjuntos con protección entrante de hasta 250A, se acepta la verificación de la resistencia de aislamiento mediante medición.

Cableado, rendimiento operativo y función.	Sí	verificación de la integridad de la información y las marcas, inspección del cableado y prueba de funcionamiento cuando corresponda
--	----	---

Un enfoque preciso

La serie IEC 61439 introduce un enfoque preciso, destinado a brindar a los cuadros de distribución el nivel adecuado de calidad y rendimiento que esperan los usuarios finales.

Se dan requisitos de diseño detallados y se propone un proceso de verificación claro, que diferencia la verificación del diseño de la verificación de rutina.

Las responsabilidades están claramente definidas entre el fabricante original, responsable del diseño, y el fabricante del ensamblaje, responsable del ensamblaje y entrega al Usuario Final.

Unidades funcionales

La misma norma define unidades funcionales:

- Parte de un conjunto que comprende todos los elementos eléctricos y mecánicos que contribuyen al cumplimiento de una misma función.
- El cuadro de distribución incluye una unidad funcional de entrada y una o más unidades funcionales de circuitos de salida, en función de las necesidades de funcionamiento de la instalación.

Es más, las tecnologías de cuadros de distribución utilizan unidades funcionales que pueden ser fijas, desconectables o extraíbles (ver [Índice de servicios](#) y **Fig. E30** , **E31** y **E32**).

Formularios

(ver **figura E36**)

La separación de unidades funcionales dentro del conjunto se proporciona mediante formularios que se especifican para diferentes tipos de operación.

Las distintas formas están numeradas del 1 al 4 con variaciones etiquetadas como "a" o "b". Cada paso hacia arriba (de 1 a 4) es acumulativo, es decir, un formulario con un número mayor incluye las características de los formularios con números más bajos. La norma distingue:

- Formulario 1: Sin separación
- Forma 2: Separación de barras de las unidades funcionales

- Forma 3: Separación de barras de las unidades funcionales y separación de todas las unidades funcionales, unas de otras, excepto en sus terminales de salida
- Forma 4: Igual que la Forma 3, pero incluyendo la separación de los terminales de salida de todas las unidades funcionales, una de otra

La decisión sobre qué forma implementar resulta de un acuerdo entre el fabricante y el usuario. La gama funcional Prima ofrece soluciones para las formas 1, 2b, 3b, 4a, 4b.

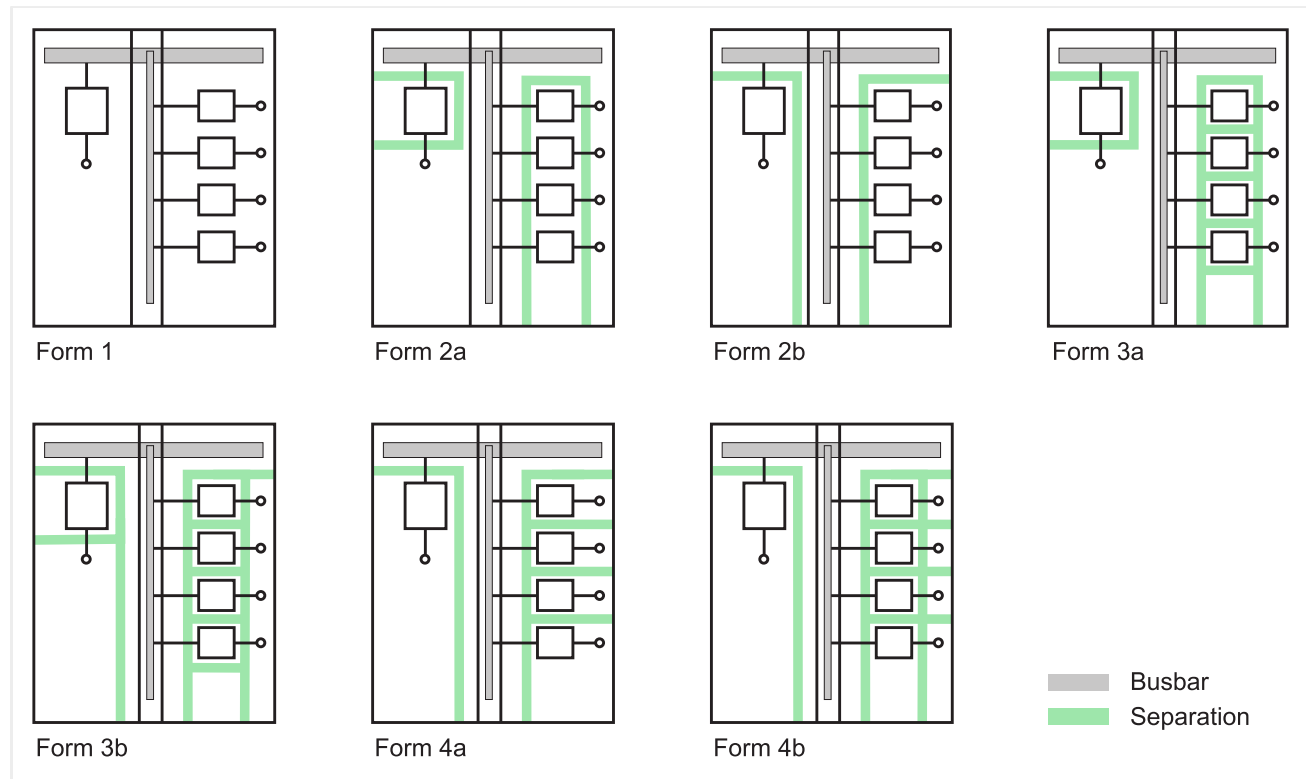


Fig. E36 – Representación de diferentes formas de cuadros de distribución funcional de BT

Más allá del estándar

A pesar de las mejoras aportadas por la serie IEC 61439 en comparación con la IEC 60439 anterior, todavía existen algunas limitaciones. En particular, para un fabricante de ensamblaje o cuadrista que combina equipos y dispositivos de diferentes fuentes (fabricantes), la verificación del diseño no puede ser completa. Todas las diferentes combinaciones de equipos de diferentes fuentes no pueden probarse en la etapa de diseño. Con este enfoque, no se puede lograr el cumplimiento de la norma en todas las configuraciones particulares. El cumplimiento se limita a un número reducido de configuraciones.

En esta situación, se anima a los usuarios finales a solicitar certificados de prueba correspondientes a su configuración particular, y no sólo válidos para configuraciones genéricas.

Por otro lado, la norma IEC 61439 establece una limitación estricta a la sustitución de un dispositivo por un dispositivo de otra serie, en particular para la verificación del aumento de temperatura y de la resistencia a cortocircuitos. Sólo la sustitución de dispositivos de la misma marca y serie, es decir, del mismo fabricante y con las mismas o mejores características de limitación ($I^2 t$, I_{pk}), puede garantizar que se mantenga el nivel de rendimiento. Como consecuencia, la sustitución por otro dispositivo que no sea del mismo fabricante sólo puede verificarse mediante pruebas (por ejemplo, "pruebas de tipo") para cumplir con la norma IEC 61439 y garantizar la seguridad del conjunto.

Por el contrario, además de los requisitos establecidos por la serie IEC 61439, un enfoque **de sistema completo** como el propuesto por un fabricante como Schneider Electric proporciona un nivel máximo de confianza. Todas las diferentes piezas del conjunto son proporcionadas por el fabricante original. No sólo se prueban combinaciones genéricas, sino que se prueban y verifican todas las combinaciones posibles que permite el diseño del Conjunto.

El alto nivel de desempeño se obtiene a través de **la Coordinación de Protección**, donde se garantiza el funcionamiento combinado de dispositivos de protección y conmutación con interconexiones eléctricas y mecánicas internas y piezas estructurales. Todos estos dispositivos han sido diseñados consistentemente con este objetivo en mente. Se prueban todas las combinaciones de dispositivos relevantes. Queda menos riesgo en comparación con la evaluación mediante cálculos o basada únicamente en datos catalogados. (La coordinación de las protecciones se explica con más detalle en el capítulo [Aparata de BT: funciones y selección](#)).

Sólo un enfoque de sistema completo puede proporcionar la tranquilidad necesaria al usuario final, cualquiera que sea la posible perturbación en su instalación eléctrica.

Pruebas de resistencia al arco interno

La norma internacional IEC 61439-2 ^[1] permite el diseño y la fabricación de conjuntos confiables y garantiza una alta disponibilidad de energía. Sin embargo, siempre existe un riesgo, aunque sea muy limitado, de que se produzca un fallo de arco interno durante la vida útil de los conjuntos. Por ejemplo, esto puede deberse a:

- Materiales conductores dejados accidentalmente en los conjuntos durante la fabricación, instalación o mantenimiento.
- entrada de animales pequeños, p. ej. ratón, serpiente,...
- incumplimiento material o calificación inadecuada del personal
- falta de mantenimiento
- condiciones de funcionamiento anormales que causan sobrecalentamiento y, eventualmente, una falla de arco interno;

La ignición de un arco en el interior de un conjunto genera diversos fenómenos físicos, provoca un sobrecalentamiento muy elevado (alud térmico) y una sobrepresión especialmente elevada en el interior del recinto, que ponen en peligro a las personas que se encuentran en las proximidades del conjunto (apertura brusca de puertas, proyección de materiales o gases calientes). fuera del recinto...).

Para evaluar la capacidad de un conjunto para soportar sobrepresiones internas se ha elaborado la publicación IEC/TR 61641 ^[2] [\(que es un informe técnico\)](#). Proporciona una referencia común con un método estandarizado para las pruebas, así como criterios para la validación de los resultados de las pruebas.

IEC/TR 61641 evalúa la capacidad de un conjunto para limitar el riesgo de lesiones personales y daños a los conjuntos, así como el tiempo de inactividad y el tiempo necesario para volver al servicio después de un arco debido a una falla interna.

Es importante señalar que se trata de una prueba voluntaria realizada a criterio del fabricante y de acuerdo con el cliente. El desempeño del arco interno podría evaluarse, por ejemplo, en los siguientes casos:

- Conjuntos para aplicaciones que requieren una continuidad de servicio de alto nivel.
- Montajes para edificios considerados críticos.

- conjuntos instalados en áreas accesibles a personas no calificadas, y para corriente de cortocircuito igual o superior a 16 kA con disparo no instantáneo.

Los 7 criterios de evaluación

IEC/TR 61641 define 7 criterios de evaluación para los resultados de la prueba de arco interno (consulte IEC/TR 61641:2014 para obtener más detalles):

- 1** = Las puertas y paneles permanecen bien sujetos y no se abren;
- 2** = Ninguna parte del conjunto cuya masa exceda los 60 g será expulsada;
- 3** = El arco no provoca la formación de agujeros en las partes externas de la envolvente por debajo de 2 m, en los lados declarados accesibles;
- 4** = Los intermitentes (tejido de algodón colocado verticalmente cerca del conjunto) no se encienden. Quedan excluidos de esta evaluación los indicadores encendidos como resultado de la quema de pintura o pegatinas;
- 5** = El circuito de protección para la parte accesible de la carcasa sigue siendo eficaz según IEC 61439-2;
- 6** = El conjunto es capaz de confinar el arco al área definida donde se inició y no hay propagación del arco a otras áreas dentro del conjunto;
- 7** = Después de solucionar el fallo o después del aislamiento o desmontaje de las unidades funcionales afectadas en el área definida, es posible el funcionamiento de emergencia del conjunto restante.

Clasificación (clase de arco)

A partir de los resultados de las pruebas sobre los 7 criterios de evaluación, se define la siguiente clasificación:

Fig. E37 – Clasificación de conjuntos según ensayos de arco interno (Tabla A.1 de IEC/TR 60641:2014)

Elemento de clasificación	Clasificaciones	Comentarios
---------------------------	-----------------	-------------

Conjunto probado según IEC/TR 61641	Clase de arco A protección del personal. (Criterios 1 al 5)	Cuando exista un acuerdo entre el usuario y el fabricante, podrán aplicarse criterios menores o diferentes.
	Clase de arco B protección del personal más arcos restringidos a un área definida dentro del conjunto. (Criterios 1 a 6)	
	Clase de arco C protección del personal más arcos restringidos a un área definida dentro del conjunto. Es posible un funcionamiento limitado después de la falla. (Criterios 1 a 7)	
	Clase de arco I Conjunto que proporciona protección mediante zonas protegidas contra la ignición del arco.	
Acceso	Restringido (predeterminado)	Sólo tendrán acceso al montaje las personas autorizadas.
	Irrestringido	La asamblea puede ubicarse en un lugar accesible a todos, incluidas las personas comunes y corrientes.

Clase I: zonas protegidas contra la ignición del arco

La Clase I es un enfoque totalmente diferente en comparación con otras clases.

En el improbable caso de que aparezca un arco en un conjunto, las clases A, B y C se centran en las consecuencias de los efectos del arco, mientras que la Clase I adopta la filosofía de "más vale prevenir que curar".

La Clase I busca reducir drásticamente el riesgo de que ocurra una falla de arco aislando cada conductor individualmente, tanto como sea posible, con aislamiento sólido.

La clase I puede limitarse a zonas específicas de un conjunto, según lo declarado por el fabricante, por ejemplo, una unidad funcional o los compartimentos de las barras colectoras. Estas zonas que ofrecen protección de acuerdo con la Clase I se denominan **zonas protegidas contra la ignición del arco**. El aislamiento deberá proporcionar protección contra el contacto directo de acuerdo con IP 4X según IEC 60529 ^[3] y resistir una prueba dieléctrica de 1,5 veces el valor de prueba normal para un conjunto.

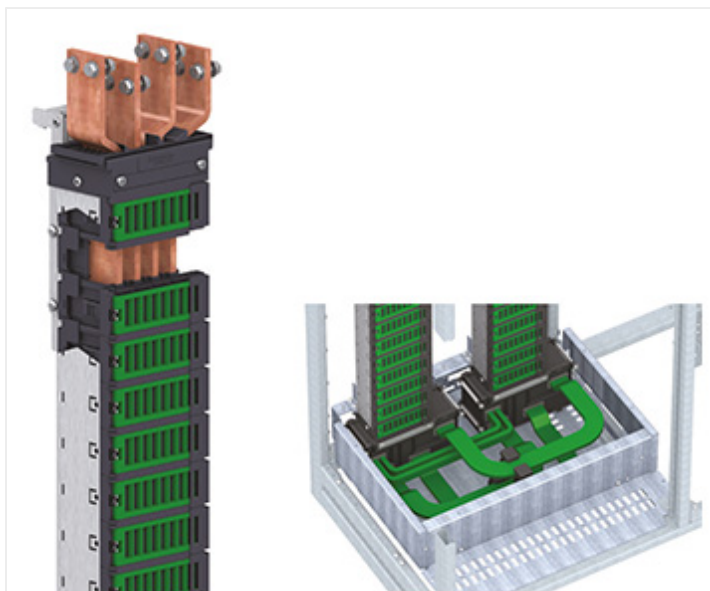


Fig. E38 – Ejemplo de barra colectora totalmente aislada que reduce el riesgo de ignición por falla de arco interno (barra colectora vertical Okken MCC, Schneider Electric)

La prueba del arco interno

El principal objetivo de una prueba de arco interno es demostrar, en la medida de lo posible, un nivel mejorado de seguridad para el personal que se encuentra cerca de un conjunto, cuando se produce una falla de arco interno.

Durante la prueba, la vestimenta del personal se simula mediante "indicadores" alrededor del conjunto. Los indicadores se componen de diferentes tonos de algodón para simular ropa estándar o ropa de trabajo ligera (es decir, para representar la instalación de montaje en zonas de acceso restringido o no restringido).

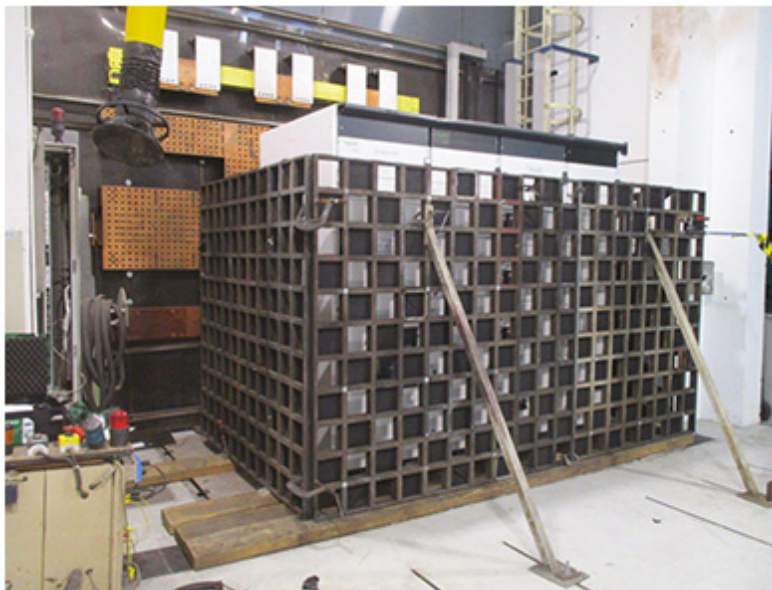


Fig. E39 – Ejemplo de conjunto preparado para prueba de arco interno, con “indicadores” visibles en el frente y el costado (Okken, Schneider Electric)

Otra razón fundamental para realizar pruebas de arco interno en un conjunto es demostrar el impacto de la falla en el conjunto mismo. En determinados casos, y según lo define la clase de arco, conviene limitar el daño del arco a una parte del conjunto, de modo que el resto del conjunto (o parte de él) pueda volver a alimentarse para un uso limitado después de un Poco mantenimiento.

Detección y mitigación de fallas de arco

Existe otro enfoque para la gestión de fallas de arco interno:

- Algunos relés pueden detectar una falla de arco en un conjunto, generalmente detectando la luz de la falla de arco, posiblemente en combinación con la medición de corriente. Estos relés pueden incluso detectar el fallo en unos pocos milisegundos.
- Cuando se detecta un fallo de arco, este relé puede provocar el disparo "instantáneo" de un interruptor automático aguas arriba. Esto permite limitar drásticamente la energía liberada por la falla de arco. Consulte **la Fig. E40** a continuación como ejemplo.
- Además, se puede activar el funcionamiento de un dispositivo de extinción de arco interno, logrando el máximo rendimiento en la reducción de la duración de la falla de arco (menos de 5 ms).

Este tema está actualmente evolucionando en los comités de normalización, tanto de normas de productos como de equipos.

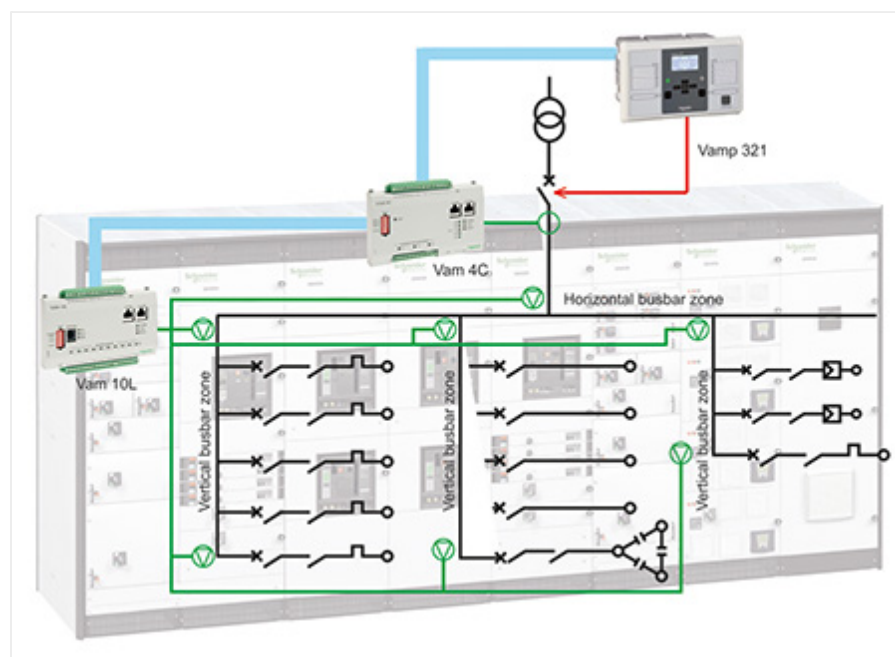


Fig. E40 – Ejemplo de sistema de mitigación de fallas de arco
(sistema Okken + Vamp)

Notas

1. Conjuntos de aparamenta y control de baja tensión - Parte 2: Conjuntos de aparamenta y control de potencia
2. Conjuntos de aparamenta y control de baja tensión cerrados: guía para pruebas en condiciones de arco debido a falla interna
3. Grados de protección proporcionados por los gabinetes (Código IP)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Cables y electroductos

Son posibles dos tipos de distribución:

- Por alambres y cables aislados.
- Mediante canalización prefabricada (canales colectores)

Distribución por conductores y cables aislados.

Definiciones

- Conductor



Un conductor comprende un único núcleo metálico con o sin envoltura aislante.

- Cable



Un cable está formado por una serie de conductores, separados eléctricamente, pero unidos mecánicamente, generalmente encerrados en una funda protectora flexible.

- Teleférico



El término teleférico se refiere a los conductores y/o cables junto con los medios de soporte y protección, etc. por ejemplo: bandejas portacables, escaleras, conductos, zanjias, etc.... son todos “teleféricos”.

Marcado de conductores

La identificación de los conductores debe respetar siempre las tres reglas siguientes:

- Regla 1

El doble color verde y amarillo está estrictamente reservado a los conductores de protección PE y PEN.
- Regla 2
 - Cuando un circuito consta de un conductor neutro, este debe ser de color azul claro o estar marcado con “1” para cables con más de cinco conductores.
 - Cuando un circuito no tiene conductor neutro, el conductor celeste podrá utilizarse como conductor de fase si forma parte de un cable.
 - con más de un conductor
- Regla 3
 - Los conductores de fase pueden ser de cualquier color excepto:
 - Verde y amarillo
 - Verde
 - Amarillo
 - Azul claro (ver regla 2)

Los conductores de un cable se identifican por su color o por números (consulte **la Fig. E41**).

Fig. E41 – Identificación del conductor según el tipo de circuito

Número de conductores en el circuito.	Circuito	Teleféricos fijos									
		Conductores aislados					Cables multiconductores rígidos y flexibles				
		Ph	Ph	pn	norte	EDUCACIÓN FÍSICA	Ph	Ph	Ph	norte	EDUCACIÓN FÍSICA
1	Protección o tierra					G/A					

2	Monofásico entre fases	R3	R3				licenciado en Derecho	libra			
	Monofásico entre fase y neutro	R3			libra		licenciado en Derecho			libra	
	Monofásico entre fase y neutro + conductor de protección	R3			G/A		licenciado en Derecho			G/A	
3	Trifásico sin neutro	R3	R3	R3			licenciado en Derecho	B	libra		
	2 fases + neutro	R3	R3		libra		licenciado en Derecho	B		libra	
	2 fases + conductor de protección	R3	R3			G/A	licenciado en Derecho	libra			G/A
	Monofásico entre fase y neutro + conductor de protección	R3			libra	G/A	licenciado en Derecho			libra	G/A

4	Trifásico con neutro	R3	R3	R3	libra		licenciado en Derecho	B	licenciado en Derecho	libra	
	Trifásico con neutro + conductor de protección	R3	R3	R3		G/A	licenciado en Derecho	B	libra		G/A
	2 fases + neutro + conductor de protección	R3	R3		libra	G/A	licenciado en Derecho	B		libra	G/A
	Trifásico con conductor PEN	R3	R3	R3	G/A		licenciado en Derecho	B	libra	G/A	
5	Conductor trifásico + neutro + protección	R3	R3	R3	libra	G/A	licenciado en Derecho	B	licenciado en Derecho	libra	G/A
> 5		Conductor de protección: G/Y - Otros conductores: BL: con numeración El número "1" está reservado para el conductor neutro si existe.									

G/Y : Verde y amarillo

BL : Negro

R3 : Como se indica en la regla 3

LB : azul claro

B : Marrón

Nota : Si el circuito incluye conductor de protección y si el cable disponible no tiene conductor verde y amarillo, el conductor de protección podrá ser:

- Un conductor verde y amarillo separados
- El conductor azul si el circuito no tiene conductor neutro
- Un conductor negro si el circuito tiene un conductor neutro.

En los dos últimos casos, el conductor utilizado debe estar marcado con bandas o marcas verdes y amarillas en los extremos y en todas las longitudes visibles del conductor.

Los cables de alimentación de los equipos están marcados de forma similar a los cables multiconductores (consulte la **Fig. E42**).

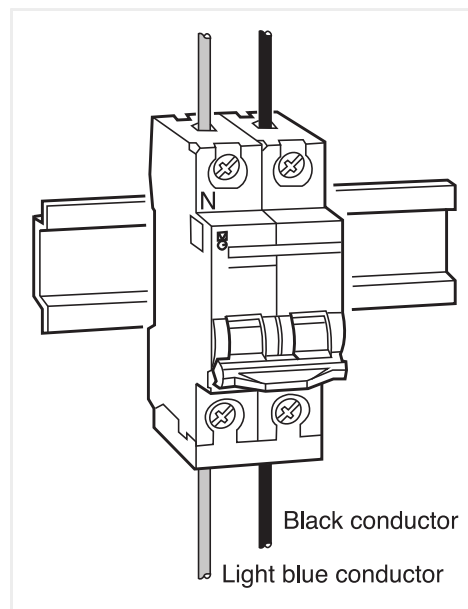


Fig. E42 – Identificación del conductor en un disyuntor con fase y neutro

Métodos de distribución e instalación.

(ver **figura E43**)

La distribución se realiza mediante teleféricos que transportan conductores o cables individuales aislados e incluyen un sistema de fijación y protección mecánica.

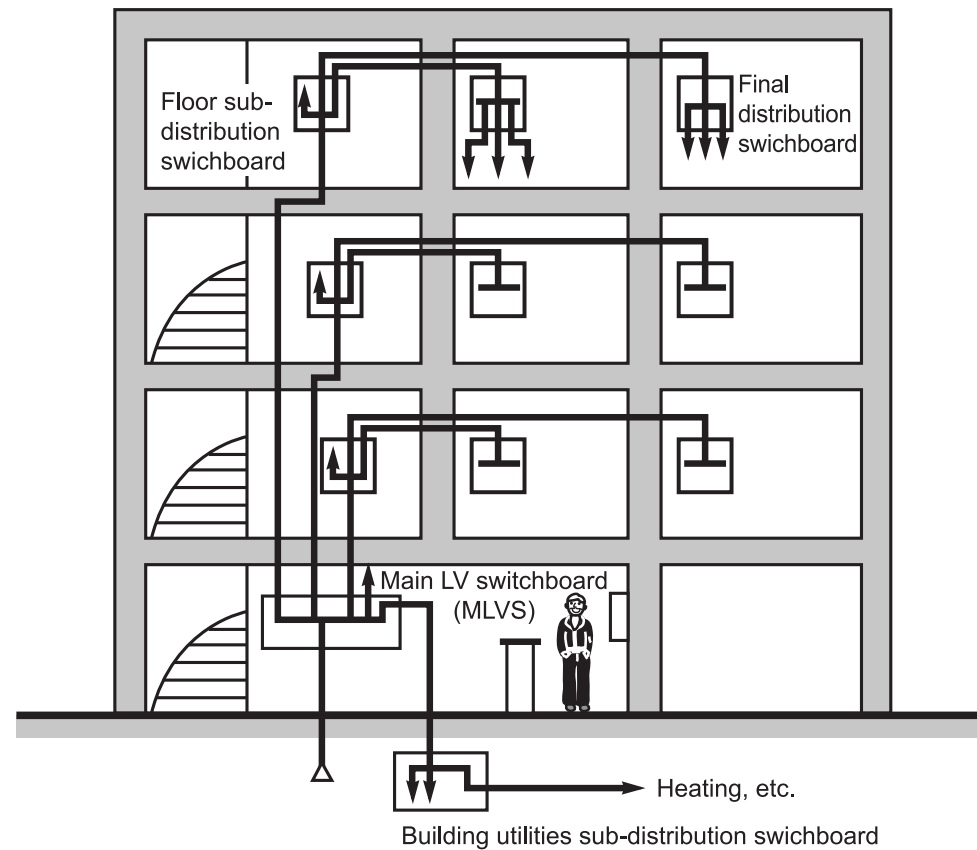


Fig. E43 – Distribución radial mediante cables en un hotel

Canalizaciones prefabricadas (canales colectores)

Los electroductos, también denominados sistemas de canalización prefabricada, destacan por su facilidad de instalación, flexibilidad y número de puntos de conexión posibles.

La canalización prefabricada está destinada a distribuir energía (de 20 A a 5000 A) e iluminación (en esta aplicación, la canalización prefabricada puede desempeñar una doble función: suministrar energía eléctrica y sujetar físicamente las luces).

Componentes del sistema de canalización prefabricada

Un sistema **de canalización prefabricada** comprende un conjunto de conductores protegidos por un recinto (ver **Fig. E44**).

Utilizados para la transmisión y distribución de energía eléctrica, los sistemas de canalización prefabricada cuentan con todas las características necesarias para su montaje: conectores, rectas, ángulos, fijaciones, etc. Las tomas colocadas a intervalos regulares permiten disponer de energía en todos los puntos de la instalación.

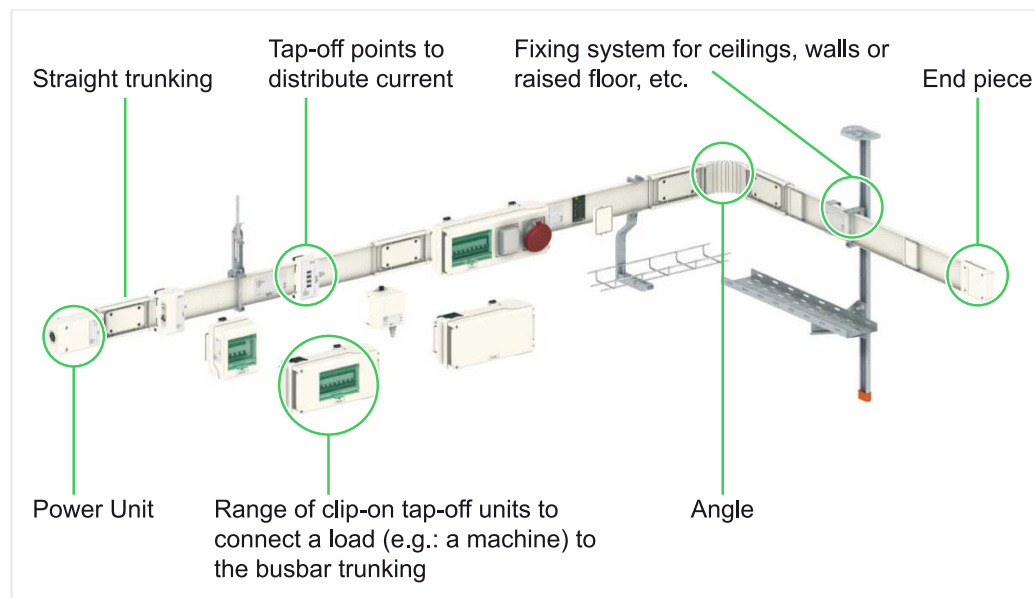


Fig. E44 – Diseño de sistema de canalización prefabricada para distribución de corrientes de 25 a 4000 A

Los distintos tipos de canalizaciones prefabricadas:

Los sistemas de canalización prefabricada están presentes en todos los niveles de la distribución eléctrica: desde la conexión entre el transformador y el cuadro de distribución de baja tensión (MLVS) hasta la distribución de tomas de corriente y iluminación a oficinas, o la distribución de energía a talleres.

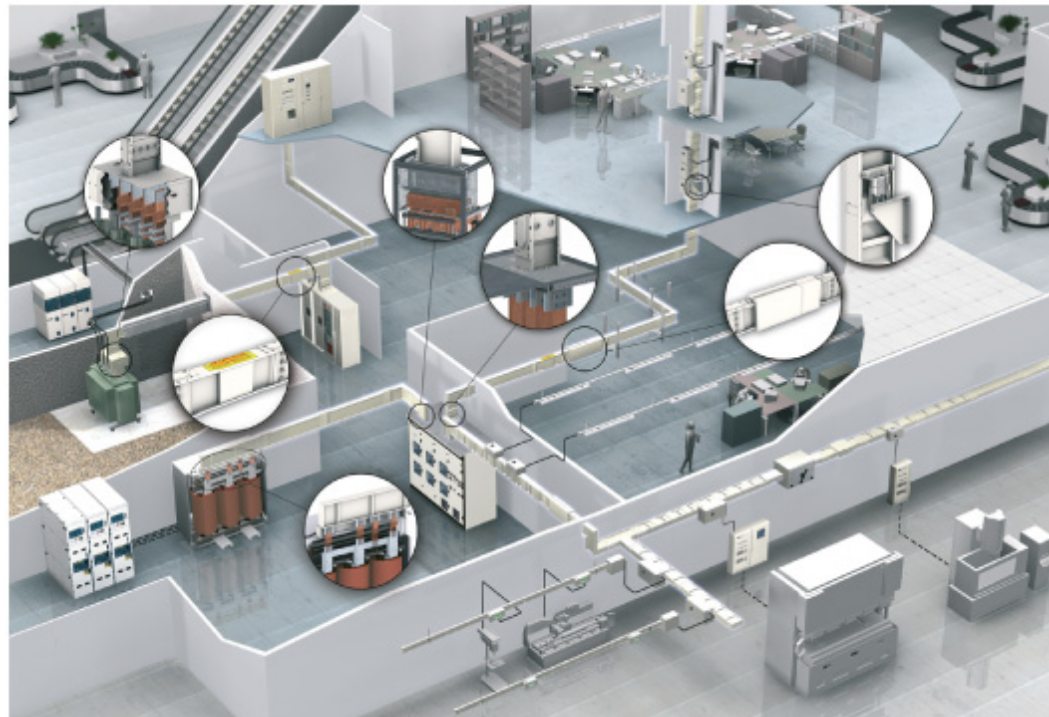


Fig. E45 – Distribución radial mediante electroductos

Hablamos de una arquitectura de red distribuida.

Básicamente, existen tres categorías de vías para buses.

- Transformador a canalización prefabricada MLVS

La instalación del electroducto puede considerarse permanente y lo más probable es que nunca se modifique. No hay puntos de derivación.

Utilizado frecuentemente para tramos cortos, casi siempre se utiliza para potencias superiores a 1.600/2.000 A, es decir, cuando el uso de cables paralelos imposibilita la instalación. También se utilizan electroductos entre el MLVS y los tableros de distribución posteriores.

Las características de los electroductos de distribución principal permiten corrientes de operación de 1.000 a 5.000 A y resistencias a cortocircuitos de hasta 150 kA.

- Canalizaciones prefabricadas de subdistribución con densidades de derivación altas o bajas

Aguas abajo de la canalización prefabricada de distribución principal se deben suministrar dos tipos de aplicaciones:

- Locales de tamaño medio (talleres industriales con prensas de inyección y máquinas de carpintería metálica o grandes superficies con cargas pesadas).
- Los niveles de cortocircuito y corriente pueden ser bastante altos (respectivamente de 20 a 70 kA y de 100 a 1000 A)
- Sitios pequeños (talleres con máquinas herramienta, fábricas textiles con máquinas pequeñas, supermercados con cargas pequeñas). Los niveles de cortocircuito y corriente son más bajos (respectivamente de 10 a 40 kA y de 40 a 400 A)

La subdistribución mediante canalización prefabricada satisface las necesidades de los usuarios en términos de:

- Modificaciones y mejoras dado el elevado número de puntos de derivación.
- Fiabilidad y continuidad del servicio porque las unidades de derivación se pueden conectar en condiciones energizadas con total seguridad.

El concepto de subdistribución también es válido para la distribución vertical en forma de montantes de 100 a 5.000 A en edificios altos.

- Canalización prefabricada de distribución de iluminación

Los circuitos de iluminación se pueden distribuir mediante dos tipos de canalización prefabricada según si las luminarias están suspendidas de la canalización prefabricada o no.

- canalización prefabricada diseñada para la suspensión de luminarias

Estos electroductos alimentan y soportan artefactos de iluminación (reflectores industriales, lámparas de descarga, etc.). Se utilizan en naves industriales, supermercados, grandes almacenes y almacenes. Las canalizaciones prefabricadas son muy rígidas y están diseñadas para uno o dos circuitos de 25 A o 40 A. Disponen de tomas de derivación cada 0,5 a 1 m.

- canalización prefabricada no diseñada para la suspensión de aparatos de iluminación

Al igual que los sistemas de cables prefabricados, estos electroductos se utilizan para alimentar todo tipo de accesorios de iluminación fijados a la estructura del edificio. Se utilizan en edificios comerciales (oficinas, comercios, restaurantes, hoteles, etc.), especialmente en falsos techos. La canalización prefabricada es flexible y está diseñada para un circuito de 20 A. Dispone de tomas de derivación cada 1,2 ma 3 m.

Los sistemas de canalización prefabricada se adaptan a las necesidades de un gran número de edificios.

- Naves industriales: garajes, talleres, naves agrícolas, centros logísticos, etc.
- Zonas comerciales: tiendas, centros comerciales, supermercados, hoteles, etc.
- Edificios terciarios: oficinas, colegios, hospitales, polideportivos, cruceros, etc.

Estándares

Los sistemas de canalización prefabricada deben cumplir todas las normas establecidas en IEC 61439-6.

Define las disposiciones de fabricación que deben respetarse en el diseño de sistemas de canalización prefabricada (p. ej.: características de aumento de temperatura, resistencia al cortocircuito, resistencia mecánica, etc.), así como los métodos de ensayo para comprobarlas.

La nueva norma IEC61439-6 describe en particular las verificaciones de diseño y las verificaciones de rutina necesarias para garantizar el cumplimiento.

Al montar los componentes del sistema en la obra según las instrucciones de montaje, el contratista se beneficia de la conformidad con la norma.

Las ventajas de los sistemas de canalización prefabricada

Flexibilidad

- Configuración fácil de cambiar (modificación en el sitio para cambiar la configuración de la línea de producción o ampliar las áreas de producción).
- Reutilización de componentes (los componentes se mantienen intactos): cuando una instalación está sujeta a modificaciones importantes, la canalización prefabricada es fácil de desmontar y reutilizar.
- Disponibilidad de energía en toda la instalación (posibilidad de tener una toma de derivación cada metro).
- Amplia variedad de unidades de derivación.

Sencillez

- El diseño se puede realizar independientemente de la distribución y disposición de los consumidores actuales.
- Las prestaciones son independientes de la implementación: el uso de cables requiere muchos coeficientes de reducción.
- Diseño de distribución claro
- Reducción del tiempo de montaje: el sistema de canalización permite reducir los tiempos de montaje hasta un 50% respecto a una instalación de cables tradicional.
- Garantía del fabricante.
- Tiempos de ejecución controlados: el concepto del sistema de canal garantiza que no haya sorpresas inesperadas durante la instalación. El tiempo de instalación se conoce claramente de antemano y se puede proporcionar una solución rápida a cualquier problema en el sitio con este equipo adaptable y escalable.

- Fácil de implementar: componentes modulares fáciles de manejar, sencillos y rápidos de conectar.

Confianza

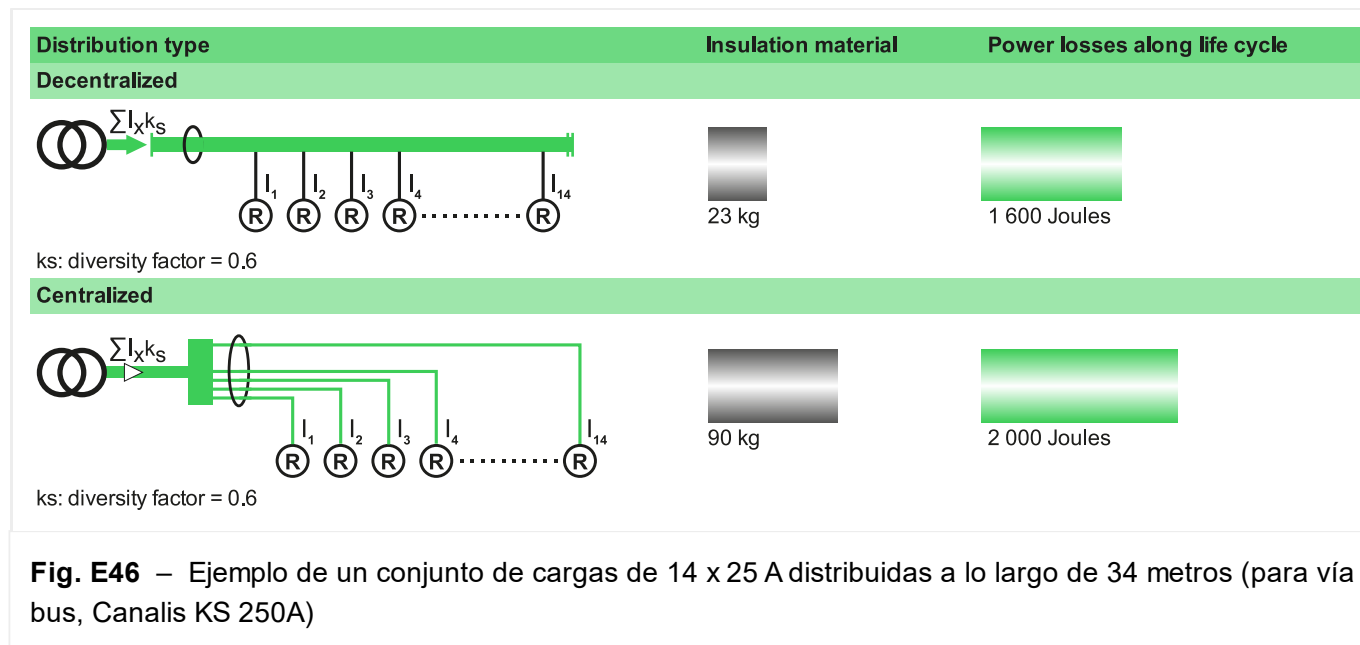
- Fiabilidad garantizada al estar construido en fábrica
- Unidades infalibles
- Montaje secuencial de componentes rectos y unidades de derivación que impide cometer errores

continuidad del servicio

- El gran número de puntos de derivación facilita el suministro de energía a cualquier nuevo consumidor actual. La conexión y desconexión es rápida y se puede realizar con total seguridad incluso cuando está bajo tensión. Estas dos operaciones (agregar o modificar) se realizan sin tener que detener las operaciones.
- Localización de averías rápida y sencilla ya que los consumidores actuales están cerca de la línea.
- El mantenimiento es inexistente o muy reducido.

Gran contribución al desarrollo sostenible

- Los sistemas de canalización prefabricada permiten combinar circuitos. En comparación con un sistema de distribución de cable tradicional, el consumo de materias primas para aisladores se divide por 4 debido al concepto de red distribuida de canalización prefabricada (ver **Fig. E46**).
- El dispositivo reutilizable y todos sus componentes son totalmente reciclables.
- No contiene PVC y no genera gases ni residuos tóxicos.
- Reducción de riesgos por exposición a campos electromagnéticos.



Características funcionales de Canalis

Los sistemas de canalización prefabricada son cada vez mejores. Entre las características podemos mencionar:

- Mayor rendimiento con un índice de protección IP55 y clasificaciones de 160 A hasta 1000 A (Ks).
- Ofertas de iluminación con luces precableadas y conductos de luz.
- Accesorios de fijación. Sistema de fijación rápida, canaletas para cables, soporte compartido con circuitos “VDI” (voz, datos, imágenes).

Los sistemas de canalización prefabricada se integran perfectamente con el entorno:

- Color blanco para realzar el ambiente de trabajo, integrado de forma natural en una gama de productos de distribución eléctrica.

- Conformidad con la normativa europea sobre reducción de materiales peligrosos (RoHS).

Ejemplos de sistemas de canalización prefabricada Canalis



Fig. E47 – Canalización prefabricada rígida capaz de soportar luminarias: Canalis KBA o KBB (25 y 40 A)



Fig. E48 – Un electroducto para distribución de potencia media: Canalis KN (40 hasta 160 A)



Fig. E49 – Un electroducto para distribución de potencia media: Canalis KS (100 hasta 1000 A)

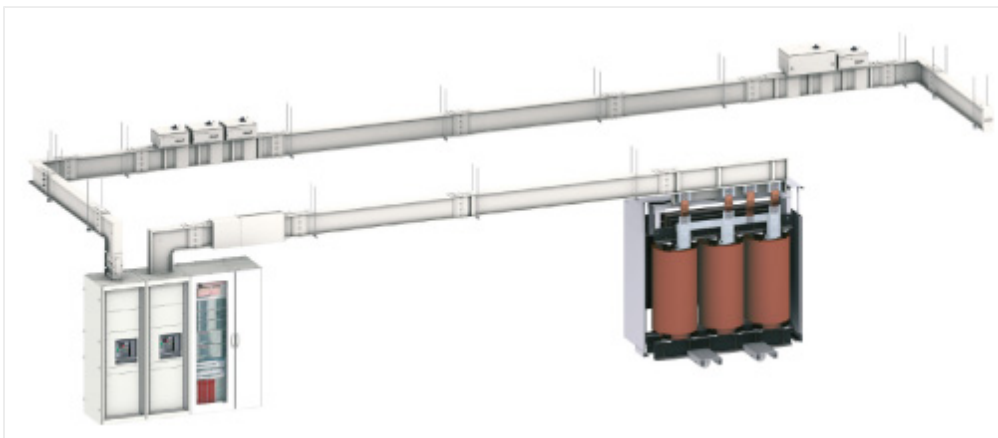


Fig. E50 – Un electroducto para distribución de alta potencia: Canalis KT (800 hasta 5000 A)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Corrientes armónicas en la selección de sistemas de canalización prefabricada (busways)

Introducción

La corriente armónica es generada por la mayoría de las cargas electrónicas modernas, que se pueden encontrar en todos los sectores de instalaciones industriales, comerciales y domésticas. Estas cargas electrónicas utilizan dispositivos electrónicos de potencia que se encargan de generar corrientes armónicas. Cargas no lineales comunes:

- Equipos industriales (Máquinas de soldar, Hornos de inducción, rectificadores de puente y cargadores de baterías)
- **Variadores de velocidad** variable (VSD) con motores de CA o **CC**
- Fuentes de **alimentación ininterrumpida** (UPS)
- Equipos de tecnología de la información (computadoras, monitores, servidores, fotocopiadoras, impresoras, etc.)
- Equipamiento doméstico (televisores, hornos microondas, lámparas fluorescentes, atenuadores de luz, etc.).

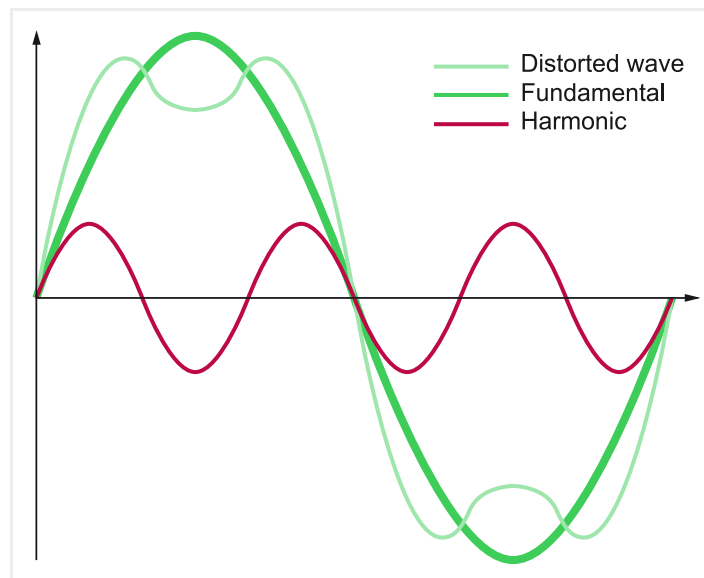


Fig. E51 – Aparición de una forma de onda de corriente distorsionada debido a armónicos

Las cargas electrónicas actuales comparten un elemento común: las fuentes de alimentación electrónicas.

Los beneficios de la fuente de alimentación electrónica son su costo, eficiencia y la capacidad de controlar su salida. Por esta razón, se encuentran en una amplia variedad de equipos eléctricos comunes monofásicos y trifásicos. Las corrientes armónicas son un subproducto natural de la forma en que las fuentes de alimentación electrónicas consumen corriente. Para ser más eficientes, estos dispositivos consumen corriente sólo durante una pequeña parte del ciclo eléctrico.

Las instalaciones donde se pueden encontrar estos dispositivos en gran número son centros de informática, bancos, Centros de Datos de Internet, etc.

Las corrientes armónicas generadas por estas cargas presentan algunos problemas:

- Distorsión de voltaje responsable de fallas de algunos tipos de equipos eléctricos.
- Aumento de las pérdidas, siendo la corriente eficaz superior a la corriente fundamental de diseño.
- Riesgo de resonancia cuando están presentes condensadores de corrección del factor de potencia.

Las corrientes de tercer armónico (150/180 Hz) o múltiplos de 3 (armónicos triple-n) son específicamente responsables del aumento de las corrientes de neutro en sistemas trifásicos de cuatro hilos.

Ésa es la razón por la que es importante seleccionar el diseño óptimo de barras colectoras para edificios de oficinas, donde la sobrecarga del conductor neutro es una preocupación importante.

Corriente neutra en sistemas trifásicos de cuatro hilos.

La Figura E52 representa las corrientes de fase no lineales y la corriente neutra no lineal resultante, en un sistema trifásico de cuatro cables, que suministra cargas monofásicas idénticas.

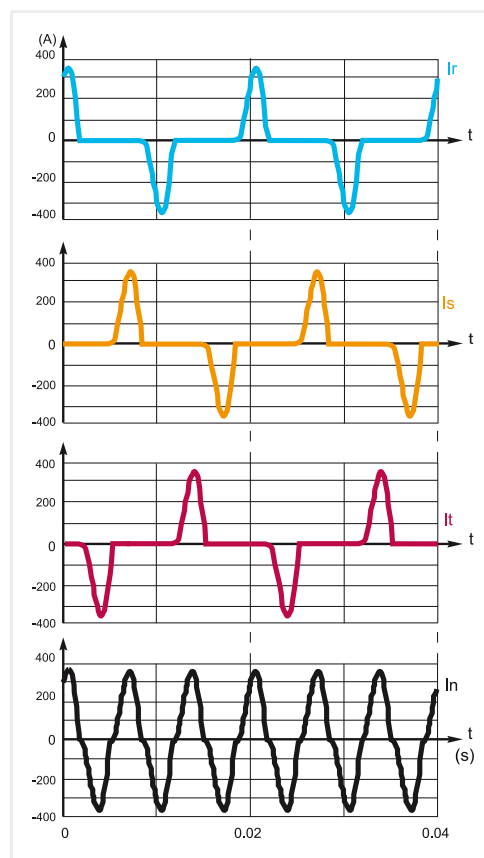


Fig. E52 – Corrientes de línea y neutro absorbidas por cargas no

lineales monofásicas conectadas
entre fase y neutro.

Fig. E53 – Ejemplos de aplicaciones donde el nivel de armónicos (THD) es insignificante o alto, dependiendo de la proporción de cargas que generan armónicos versus cargas clásicas



Suministro de talleres:

- * Mezcla de cargas contaminantes (hardware informático, inversores, fluorescentes) y cargas limpias (motores, bombas, calentadores, etc.).
- * Baja probabilidad de presencia de armónicos
THD < 33 %



Suministro de oficinas:

- * Gran cantidad de cargas contaminantes (hardware informático, inversores, fluorescentes, etc.).
- * Alta probabilidad de presencia de armónicos **THD ≥ 33 %**

Los espectros armónicos de las corrientes de fase y neutro se representan en **las Figuras E54 y E55** . Se puede observar que la corriente de neutro solo incluye armónicos terceros o triple n (es decir, 3, 9, 15, etc.). La amplitud de estas corrientes es igual a tres veces la amplitud de las corrientes de fase. En las mediciones de corriente de neutro, el tercer armónico tiene la mayor magnitud y los otros triples n (9, 15, 21, etc.) disminuyen significativamente en magnitud, por lo que no contribuyen significativamente al valor rms.

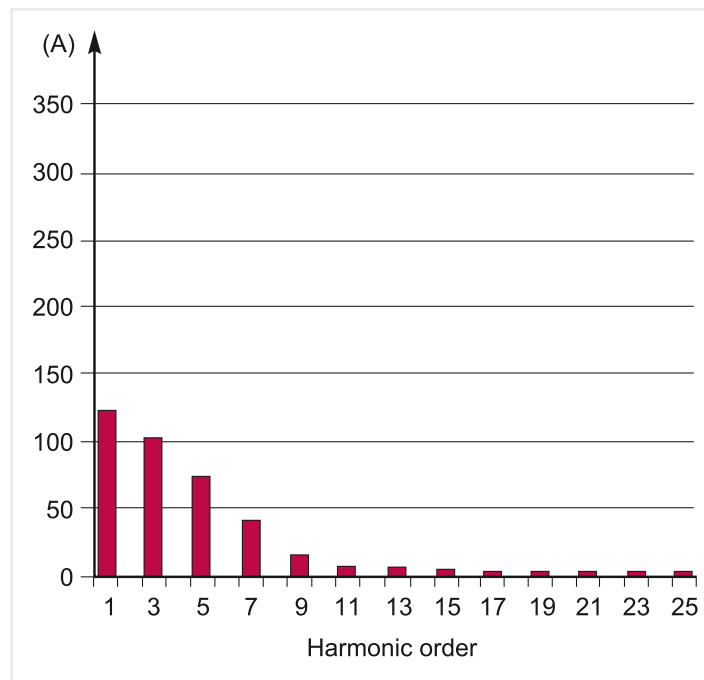


Fig. E54 – Espectro de corriente de fase armónico típico para cargas no lineales monofásicas

En este ejemplo, el valor rms de la corriente de neutro es igual a $1,732 (\sqrt{3})$ veces el valor rms de la corriente de línea. Este valor teórico sólo se obtiene con cargas que absorben una corriente similar a la representada en **la Figura E52**.

Cuando las cargas incluyen circuitos parcialmente lineales (como motores, dispositivos de calefacción, lámparas incandescentes), el valor eficaz de la corriente del neutro es estrictamente inferior a $\sqrt{3}$ veces el valor eficaz de las corrientes de fase.

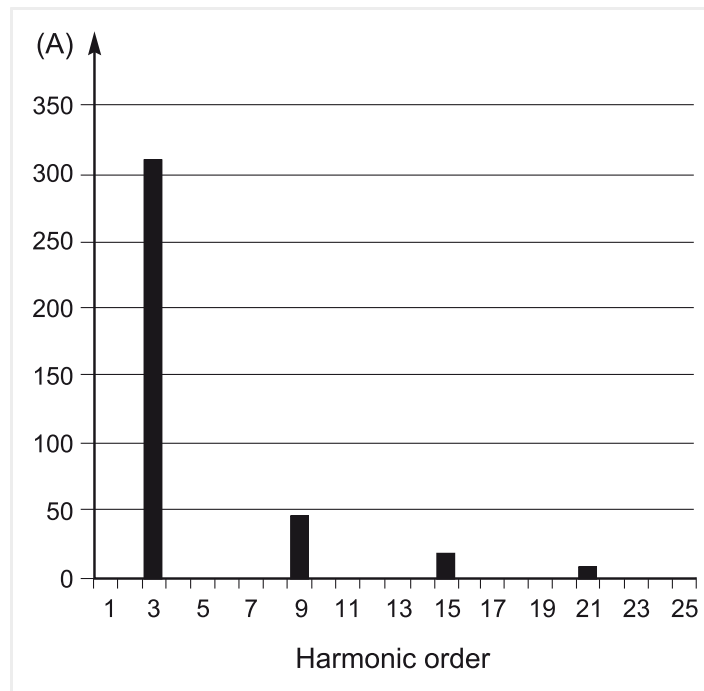


Fig. E55 – Espectro de corriente neutro armónico típico para cargas no lineales monofásicas

Factor de carga del conductor neutro

Se han realizado simulaciones para evaluar la influencia del nivel del 3er ^{armónico} sobre la corriente del conductor neutro. **La Figura E56** representa diferentes formas de onda de corriente de línea para diferentes cantidades de carga no lineal. Se mantuvo la misma potencia activa (las cargas lineales se suponen puramente resistivas).

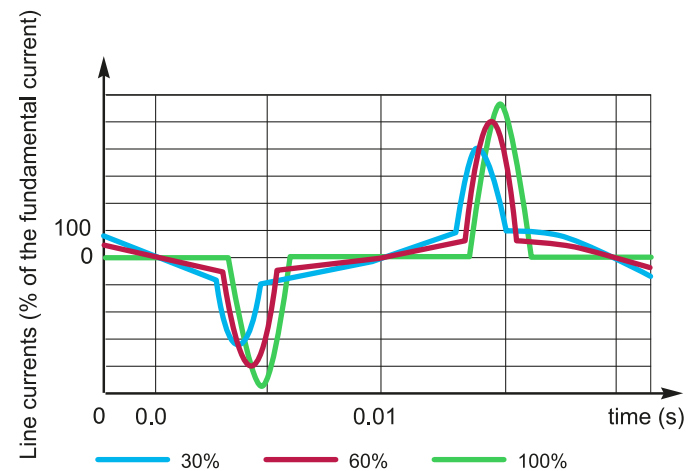


Fig. E56 – Corriente de línea para diferentes relaciones de carga no lineal

Luego se calcula la corriente del neutro y se compara con la corriente de línea para diferentes niveles del tercer armónico. El factor de carga del conductor neutro (relación entre la corriente del neutro y la corriente de línea) se representa en **la Figura E57**.

En instalaciones donde hay un gran número de cargas electrónicas no lineales monofásicas conectadas a un mismo neutro, se puede encontrar un factor de carga elevado en ese neutro.

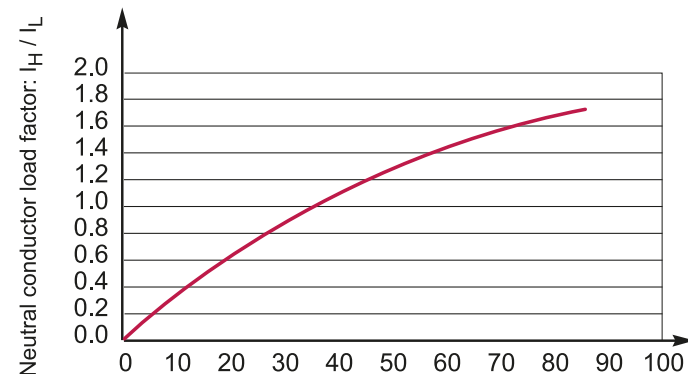


Fig. E57 – Factor de carga del conductor neutro en función del nivel del 3er armónico.

En estas instalaciones la corriente de neutro puede superar la corriente de fase y se debe prestar especial atención al dimensionamiento del conductor neutro. Esto evita la instalación de un conductor neutro de tamaño reducido, debiendo tenerse en cuenta la corriente en los cuatro hilos.

La potencia diversificada absorbida por tal grupo de cargas es generalmente limitada, e incluso si la corriente neutra excede la corriente de línea, entonces la capacidad del conductor neutro sólo se excede en circunstancias extremas si su tamaño es igual al del conductor de línea.

Una práctica común en estas condiciones es utilizar un conductor 200 % neutro. Esto no forma parte de las regulaciones eléctricas/de construcción, pero es fomentado por organizaciones como la Asociación de Desarrollo del Cobre.

En instalaciones de alta potencia (>100 kVA o >150 A), varios factores contribuyen a reducir el factor de carga del conductor neutro:

- Cada vez más equipos informáticos de alta calidad (estaciones de trabajo, servidores, routers, PC, UPS, etc.) incluyen circuitos de Corrección del Factor de Potencia, reduciendo considerablemente la generación de corrientes de 3er armónico.

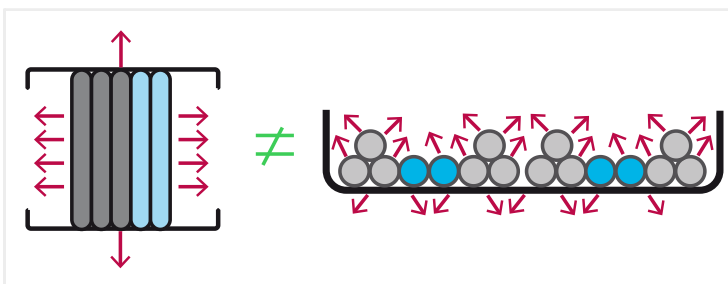


Fig. E58 – La instalación de doble neutro para solución de cable no es aplicable directamente para solución de vía barra, debido a su comportamiento de disipación térmica muy diferente.

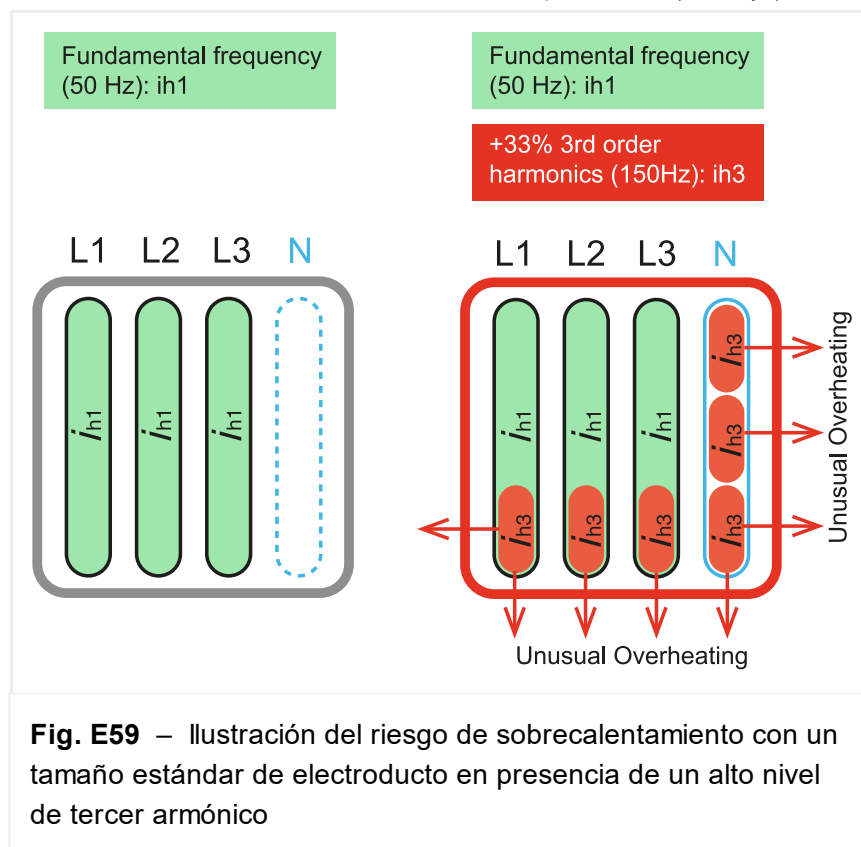
- Los equipos HVAC de grandes edificios se alimentan a través de una red trifásica y, como tal, no producen corrientes armónicas triple n.
- Los equipos de iluminación fluorescente (con balasto magnético o electrónico) generan corrientes armónicas triple n que se desfasan con las corrientes armónicas generadas por las PC, lo que genera una cancelación parcial del vector.

Salvo circunstancias excepcionales, el nivel del 3^o armónico en estas instalaciones no supera el 33 % por lo que la corriente de neutro no supera las corrientes de línea. Por tanto, no es necesario utilizar un conductor neutro demasiado grande.

Efectos de las corrientes armónicas en los conductores de circuitos.

La circulación de corrientes armónicas produce un calentamiento adicional dentro de los conductores por varias razones:

- El calor se produce como resultado de los altos niveles adicionales de corrientes armónicas triple n, en comparación con la corriente relativamente mínima que fluye en el neutro para cargas lineales equilibradas normales.
- Calentamiento adicional de todos los conductores por aumento del efecto piel y pérdidas por corrientes parásitas debido a la circulación de todos los órdenes armónicos.



Modelar por separado las pérdidas de potencia creadas por cada orden armónico revela el impacto de las corrientes armónicas en los sistemas de canalizaciones eléctricas prefabricadas. También se han considerado las mediciones de calor realizadas en sistemas de canalización prefabricada con circulación de corrientes armónicas de diferentes frecuencias.

Se ha utilizado el mismo enfoque para comparar dos tipos diferentes de construcción de barras colectoras, ambas con la misma área de sección transversal total (csa) de conductores activos, un 200 % neutro y un estándar 100 % neutro. Esto se puede ver en **la Figura E60**.

Colocado en las mismas condiciones, una canalización prefabricada con 4 conductores idénticos tendrá un calentamiento menor que una canalización del 200 % con la misma csa total.

Entonces se adapta perfectamente a esta situación. Por supuesto, la selección del tamaño de los conductores debe tener en cuenta la posible corriente que circula por el conductor neutro.

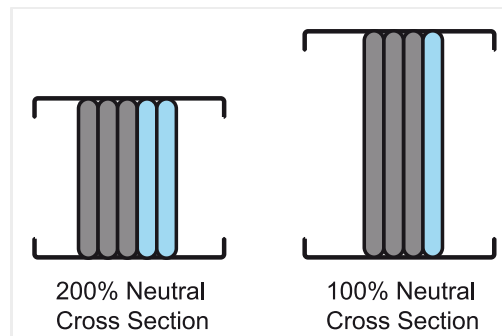


Fig. E60 – Arquitectura de la sección transversal de 2 sistemas de barras colectoras diferentes

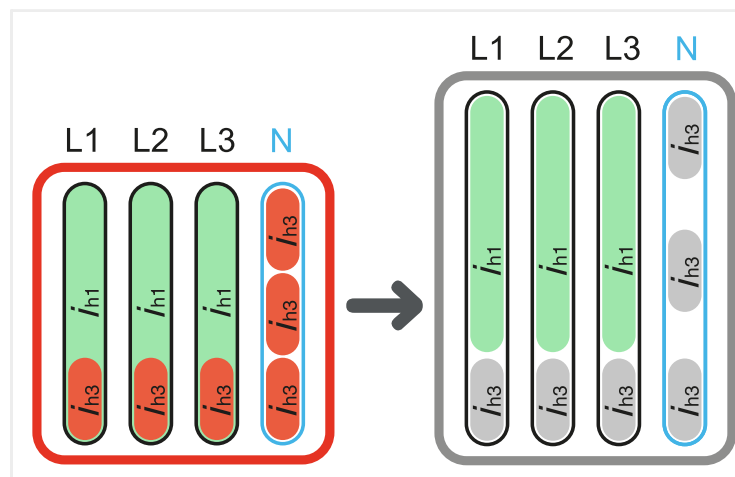


Fig. E61 – La solución más efectiva = reducir la densidad de corriente en TODOS los conductores,

seleccionando la clasificación adecuada del electroducto (neutro único)

Procedimiento de selección simplificado

El primer paso en el procedimiento de selección de sistemas de canalización prefabricada es evaluar las corrientes de fase y el nivel de corriente del ^{tercer} armónico.

Nota: el nivel de corriente ^{del 3er} armónico tiene un impacto en la corriente del neutro y, en consecuencia, en el calibre de todos los componentes de la instalación:

- Tablero de conmutadores,
- Aparataje de protección y despacho,
- Cables y sistemas de canalización prefabricada.

Dependiendo del nivel estimado del 3er ^{armónico}, son posibles 3 casos:

A) Nivel del 3er armónico por debajo del 15 % ($ih3 \leq 15 \%$):

El conductor neutro se considera no cargado. El tamaño de los conductores de fase depende únicamente de las corrientes de fase. Según las normas IEC, el tamaño del conductor neutro puede ser menor que el de los conductores de fase, si el área de la sección transversal es superior a 16 mm^2 para cobre o 25 mm^2 para aluminio.

B) Nivel ^{del 3er} armónico entre 15 y 33 % ($15 < ih3 \leq 33 \%$)

El conductor neutro se considera conductor portador de corriente.

La corriente práctica se reducirá en un factor igual al 84 % (o a la inversa, seleccione una barra colectora con una corriente práctica igual a la corriente de fase dividida por 0,84. Generalmente, esto conduce a la selección de un sistema de canalización eléctrica, cuya clasificación actual es inmediatamente superior a la capacidad solicitada.

El tamaño del conductor neutro será igual al de las fases.

C) Nivel ^{del 3er} armónico superior al 33 % ($i_{h3} > 33\%$)

El conductor neutro se considera un conductor portador de corriente.

El enfoque recomendado es adoptar conductores de circuito del mismo tamaño para fase y neutro. La corriente neutra predomina en la selección del tamaño del conductor.

Generalmente, esto conduce a la selección de un sistema de canalización prefabricada cuya clasificación actual es superior a la capacidad solicitada (generalmente por un factor de dos).

Ejemplo de oferta de KT Schneider-Electric:

Calificación (A)	Sin armónicos	Nivel armónico habitual	nivel muy alto
1000	KTC1000	KTC1000HRB	KTC1350HRB
1350	KTC1350	KTC1350HRB	KTC1600HRB
1600	KTC1600	KTC1600HRB	KTC2000HRB
2000	KTC2000	KTC2000HRB	KTC2500HRB
2500	KTC2500	KTC2500HRB	KTC3200HRB
3200	KTC3200	KTC3200HRB	KTC4000HRB
4000	KTC4000	KTC4000HRB	
5000	KTC5000		

Conclusiones

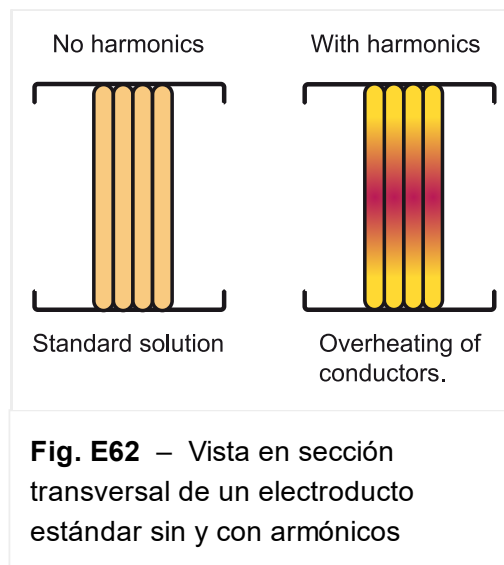
Los edificios de oficinas a menudo están sujetos a la circulación de altos niveles de armónicos triple n, en particular corriente del tercer armónico. Éstos son los responsables de una posible sobrecarga del conductor neutro.

Se ha analizado en profundidad el comportamiento de un sistema de canalización prefabricada de construcción estándar con circulación de corrientes armónicas.

Se ha propuesto un procedimiento simplificado para la selección de sistemas de canalización prefabricada adaptados a la circulación de corrientes armónicas, y en particular en el conductor neutro.

Un conductor 200 % neutro no es la solución óptima.

Los sistemas de canalización prefabricada con el mismo tamaño para todos los conductores se adaptan perfectamente a la distorsión armónica. El diseño es válido siempre que se tenga en cuenta el diseño para una sobrecarga neutral realista y se aplique a todo el sistema.



La materia prima y la optimización del rendimiento para más garantías

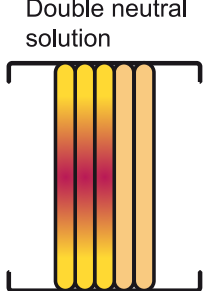
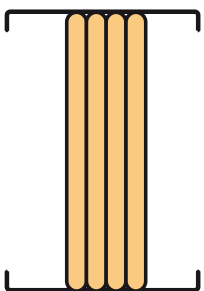
La Figura E63 muestra la comparación entre dos construcciones de vías para buses. Las condiciones de prueba son las mismas para ambos casos:

- Corriente de fase: $I_L = 1600 \text{ A}$
- Nivel 3er armónico: $i_{h3} = 33\%$
- Corriente de neutro: $I_N = 1520 \text{ A}$

Colocado en las mismas condiciones, una canalización prefabricada con 4 conductores idénticos tendrá un calentamiento menor que una canalización del 200 % con la misma csa total.

Entonces se adapta perfectamente a esta situación. Por supuesto, la selección del tamaño de los conductores debe tener en cuenta la posible corriente que circula por el conductor neutro.

Fig. E63 – Comparación entre la solución de vía de bus de doble neutro y la solución de un solo neutro correctamente seleccionada

			
Aumento de temperatura (°K)	200% Neutro	100% Neutro	El doble neutro no se ocupa de todo el aumento adicional de temperatura.
Conductor de fase (promedio)	63,5	41,5	
Conductor neutro	56	39	
Carcasa (máximo)	55	39	
conductores csa	200% Neutro	100% Neutro	Aunque la sección transversal total de todos los conductores es exactamente la misma para las soluciones de 2 electroductos
Conductor de fase csa (mm ²)	960	1200	
Csa neutro (mm ²)	1920	1200	
Csa total (mm ²)	4800	4800	

Enfoque de sistema coherente

El enfoque sobre electroductos dedicados al rendimiento de la red de armónicos es un enfoque de solución. El electroducto está optimizado pero completamente de acuerdo con los dispositivos eléctricos conectados en él:

- Unidad de derivación
- Rompedores de circuito
- Número de cables.

Fig. E64 – Enfoque de sistema coherente para todos los componentes de la instalación eléctrica



Esta página se editó por última vez el 20 de diciembre de 2019 a las 17:49.



Influencias externas (IEC 60364-5-51)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Definición y estándares de referencia.

Se tendrán en cuenta las influencias externas a la hora de elegir:

- Las medidas adecuadas para garantizar la seguridad de las personas (en particular en lugares especiales o instalaciones eléctricas)
- Las características de los equipos eléctricos, como grado de protección (IP), resistencia mecánica (IK), etc.

Toda instalación eléctrica ocupa un entorno que presenta un grado de riesgo variable:

- Para la gente
- Para los equipos que constituyen la instalación.

En consecuencia, las condiciones ambientales influyen en la definición y elección del equipo de instalación adecuado y en la elección de medidas de protección para la seguridad de las personas.

Las condiciones ambientales se denominan colectivamente "influencias externas".

Muchas normas nacionales relacionadas con influencias externas incluyen un esquema de clasificación que se basa en la norma internacional IEC 60364-5-51 o que se parece mucho a ella.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Clasificación

Si aparecen varias influencias externas al mismo tiempo, pueden tener efectos independientes o mutuos y el grado de protección debe elegirse en consecuencia.

Cada condición de influencia externa se designa mediante un código compuesto por un grupo de dos letras mayúsculas y un número, de la siguiente manera:

Primera letra (A, B o C)

La primera letra se refiere a la categoría general de influencia externa:

- A = ambiente
- B = utilización

- C = construcción de edificios

Segunda letra

La segunda letra se relaciona con la naturaleza de la influencia externa.

Número

El número se relaciona con la clase dentro de cada influencia externa.

Carta adicional (opcional)

Se utiliza únicamente si la protección efectiva de las personas es mayor que la indicada por el primer dígito IP.

Cuando sólo se desea especificar la protección de las personas, los dos dígitos del código IP se sustituyen por las X.

Ejemplo: IP XXB.

Ejemplo

Por ejemplo, el código AC2 significa:

A = entorno

AC = entorno-altitud

AC2 = entorno-altitud > 2.000 m

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Lista de influencias externas

La figura E65 a continuación proviene de IEC 60364-5-51 , a la que se debe hacer referencia si se requieren más detalles.

Fig. E65 – Lista de influencias externas (tomada del Apéndice A de IEC 60364-5-51)

Código	Influencias externas				Características requeridas para el equipo.		
A - Medio ambiente							
Automóvil club británico	Temperatura ambiente (°C)						
	Bajo	Alto					
AA1	- 60°C	+ 5 °C				Equipos especialmente diseñados o disposiciones apropiadas.	
AA2	- 40°C	+ 5 °C					
AA3	- 25°C	+ 5 °C					
AA4	- 5°C	+ 40°C				Normal (precauciones especiales en determinados casos)	
AA5	+ 5 °C	+ 40°C				Normal	
AA6	+ 5 °C	+60°C				Equipos especialmente diseñados o disposiciones apropiadas.	
AA7	- 25°C	+ 55°C					
AA8	- 50°C	+ 40°C					
AB	Humedad atmosférica						
	Temperatura del aire (°C)		Humedad relativa (%)		Humedad absoluta (g/m ³)		
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	
AB1	- 60°C	+ 5 °C	3	100	0.003	7	Se tomarán las disposiciones adecuadas
AB2	- 40°C	+ 5 °C	10	100	0.1	7	
AB3	- 25°C	+ 5 °C	10	100	0,5	7	

AB4	- 5°C	+ 40°C	5	95	1	29	Normal
AB5	+ 5 °C	+ 40°C	5	85	1	25	Normal
AB6	+ 5 °C	+60°C	10	100	1	35	Se tomarán las disposiciones adecuadas
AB7	- 25°C	+ 55°C	10	100	0,5	29	
AB8	- 50°C	+ 40	15	100	0,04	36	
C.A.	Altitud						
AC1	≤ 2000m						Normal
AC2	> 2000 metros						Puede requerir precaución (factores de reducción)
ANUNCIO	Presencia de agua						
AD1	Despreciable		La probabilidad de presencia de agua es insignificante.				IPX0
AD2	Gotas en caída libre		La probabilidad de presencia de agua es insignificante.				IPX1 o IPX2
AD3	Aerosoles		Posibilidad de que el agua caiga en forma de rocío en un ángulo de hasta 60° con respecto a la vertical.				IPX3
AD4	Salpicaduras		Posibilidad de salpicaduras desde cualquier dirección.				IPX4
AD5	Chorros		Posibilidad de chorros de agua desde cualquier dirección.				IPX5
AD6	Ondas		Posibilidad de olas de agua (ubicaciones a orillas del mar)				IPX6
AD7	Inmersión		Posibilidad de cubrimiento intermitente parcial o total por agua.				IPX7
AD8	Sumersión		El equipo está permanente y totalmente cubierto.				IPX8
AE	Presencia de cuerpos sólidos extraños o polvo.						
		Dimensión más pequeña			Ejemplo		
AE1	Despreciable						IP0X
AE2	Objetos pequeños		2,5 milímetros			Herramientas	IP3X
AE3	Objetos muy pequeños		1 milímetro			Cable	IP4X

AE4	Polvo ligero			IP5X si la penetración de polvo no es perjudicial para el funcionamiento IP6X si el polvo no debe penetrar
AE5	Polvo moderado			
AE6	polvo pesado			
AF	Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes.			
AF1	Despreciable			Normal
AF2	Atmosférico			Según la naturaleza de la sustancia.
AF3	intermitente, accidental			
AF4	Continuo			Equipo especialmente diseñado
AG	Choque mecánico			
AG1	Baja gravedad			Equipos normales, por ejemplo domésticos y similares.
AG2	Gravedad media			Equipos industriales estándar, en su caso, o protección reforzada.
AG3	Alta gravedad			Protección reforzada
Ah	Vibraciones			
AH1	Baja gravedad	Hogar o similar		Normal
AH2	Gravedad media	Condiciones industriales habituales.		Equipos especialmente diseñados o disposiciones especiales.
AH3	Alta gravedad	Condiciones industriales severas		
Alaska	Presencia de flora y/o crecimiento de mohos.			
AK1	Sin peligro			Normal
AK2	Peligro			Protección especial
Alabama	Presencia de fauna			
AL1	Sin peligro			Normal
AL2	Peligro			Protección especial
SOY	Influencias electromagnéticas, electrostáticas o ionizantes / Fenómenos electromagnéticos de baja frecuencia / Armónicos			

AM1	Armónicos, interarmónicos	Consulte las normas IEC aplicables
AM2	Tensión de señalización	
AM3	Variaciones de amplitud de voltaje	
AM4	Desequilibrio de voltaje	
AM5	Variaciones de frecuencia de potencia	
AM6	Tensiones inducidas de baja frecuencia.	
AM7	Corriente continua en redes ac.	
AM8	Campos magnéticos radiados	
AM9	Campo eléctrico	
AM21	Tensiones o corrientes oscilatorias inducidas.	
AM22	Transitorios unidireccionales conducidos en la escala de tiempo de nanosegundos.	
AM23	Transitorios unidireccionales conducidos de microsegundos a escalas de tiempo de milisegundos.	
AM24	Transitorios oscilatorios conducidos	
AM25	Fenómenos radiados de alta frecuencia.	
AM31	Descargas electrostáticas	
AM41	Ionización	
UN	Radiación solar	
AN1	Bajo	Normal
AN2	Medio	
AN3	Alto	
AP	efecto sísmico	
AP1	Despreciable	Normal
AP2	Baja gravedad	
AP3	Gravedad media	
AP4	Alta gravedad	
AQ	Iluminación	
AQ1	Despreciable	Normal
AQ2	exposición indirecta	
AQ3	exposición directa	

Arkansas	Movimiento del aire	
AR1	Bajo	Normal
AR2	Medio	
AR3	Alto	
COMO	Viento	
AS1	Bajo	Normal
AS2	Medio	
AS3	Alto	
B - Utilización		
licenciado en Letras	Capacidad de las personas	
BA1	Común	Normal
BA2	Niños	
BA3	Minusválido	
BA4	Instruido	
BA5	Experto	
CAMA Y DESAYUNO	Resistencia eléctrica del cuerpo humano (en consideración)	
antes de Cristo	Contacto de personas con potencial de tierra.	
BC1	Ninguno	Clase de equipo según IEC61140
BC2	Bajo	
BC3	Frecuente	
BC4	Continuo	
BD	Condiciones de evacuación en caso de emergencia.	
BD1	Baja densidad / fácil salida	Normal
BD2	Baja densidad / salida difícil	
BD3	Alta densidad / fácil salida	
BD4	Alta densidad/salida difícil	
SER	Naturaleza de los materiales procesados o almacenados.	
BE1	Sin riesgos significativos	Normal

BE2	Riesgos de incendio	
BE3	Riesgos de explosión	
BE4	Riesgos de contaminación	
C - Construcción del edificio		
California	Materiales de construcción	
CA1	No combustible	Normal
CA2	Combustible	
CB	Diseño de construcción	
CB1	Riesgos insignificantes	Normal
CB2	Propagación del fuego	
CB3	Movimiento	
CB4	Flexible o inestable	

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:47.

Protección proporcionada para equipos cerrados: códigos IP e IK

definición de código IP

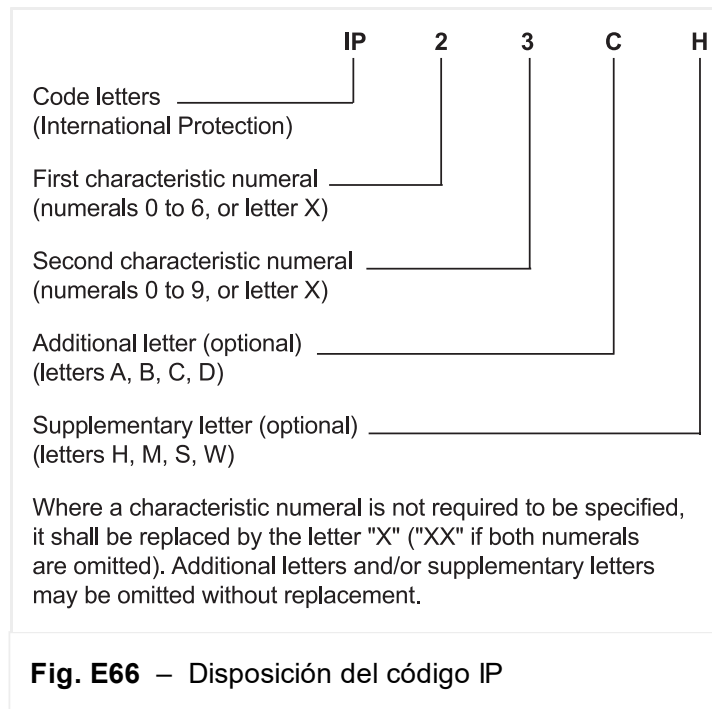
(ver **figura E66**)

El grado de protección que proporciona una carcasa se indica en el código IP, recomendado en IEC 60529.

Se ofrece protección contra las siguientes influencias externas:

- Penetración de cuerpos sólidos.
- Protección de personas contra el acceso a partes bajo tensión
- Protección contra la entrada de polvo.
- Protección contra la entrada de líquidos.

Nota : el código IP se aplica a equipos eléctricos para tensiones de hasta 72,5 kV inclusive.



Elementos del Código IP y sus significados

En el siguiente cuadro se proporciona una breve descripción de los elementos del Código IP (consulte **la Fig. E67**).

Element	Numerals or letters	Meaning for the protection of equipment	Meaning for the protection of persons
Code letters	IP		
First characteristic numeral	0 1 2 3 4 5 6	Against ingress of solid foreign objects (non-protected) ≥ 50 mm diameter ≥ 12.5 mm diameter ≥ 2.5 mm diameter ≥ 1.0 mm diameter Dust-protected Dust-tight	Against access to hazardous parts with (non-protected) Back of hand Finger Tool Wire Wire Wire
Second characteristic numeral	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Against ingress of water with harmful effects (non-protected) Vertically dripping Dripping (15°tilted) Spraying Splashing Jetting Powerful jetting Temporary immersion Continuous immersion High pressure and temperature water jet	
Additional letter (optional)	A B C D		Against access to hazardous parts with back of hand Finger Tool Wire
Supplementary letter (optional)	H M S W	Supplementary information specific to: High-voltage apparatus Motion during water test Stationary during water test Weather conditions	

Fig. E67 – Elementos del Código IP

Definición del código IK

La norma IEC 62262 define un código IK que caracteriza la aptitud del equipo para resistir impactos mecánicos en todos los lados (ver **Fig. E68**).

Fig. E68 – Elementos del Código IK

código IK	Energía de impacto (en julios)	Código AG
00	0	
01	$\leq 0,14$	
02	$\leq 0,20$	AG1
03	$\leq 0,35$	
04	$\leq 0,50$	
05	$\leq 0,70$	
06	≤ 1	
07	≤ 2	AG2
08	≤ 5	AG3
09	≤ 10	
10	≤ 20	AG4

Especificaciones de códigos IP e IK para cuadros de distribución.

Los grados de protección IP e IK de una envolvente deben especificarse en función de las diferentes influencias externas definidas por la norma IEC 60364-5-51, en particular:

- Presencia de cuerpos sólidos (código AE)

- Presencia de agua (código AD)
- Esfuerzos mecánicos (sin código)
- Capacidad de las personas (código BA)
- ...

Los cuadros Prisma están diseñados para instalación en interior.

A menos que las reglas, estándares y regulaciones de un país específico estipulen lo contrario, Schneider Electric recomienda los siguientes valores de IP e IK (ver **Fig. E69** y **Fig. E70**).

Recomendaciones de propiedad intelectual

Fig. E69 – Recomendaciones IP

Códigos IP según condiciones		
Normal sin riesgo de caída vertical de agua.	Salas técnicas	30
Normal con riesgo de caída vertical de agua.	Pasillos	31
Muy grave con riesgo de salpicaduras de agua desde todas direcciones.	Talleres de trabajo	54/55

recomendaciones ik

Fig. E70 – Recomendaciones IK

Códigos IK según condiciones.		
Sin riesgo de impacto importante	Salas técnicas	07
Riesgo significativo de impacto importante que podría dañar los dispositivos	Pasillos	08 (cerramiento con puerta)
Máximo riesgo de impacto que podría dañar el recinto	Talleres de trabajo	10

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.