



**CONEXIÓN DE
CIRCUITOS DE TIERRA
EN SISTEMAS
DE ALTA TENSION**

ICAT 2005

CO/VAR/PRO/ICA/080/022



ÍNDICE

0. Preámbulo	3
1. Principios generales de conexión de pantallas	5
2. Condiciones y pruebas de los circuitos de puesta a tierra	13
3. Esquemas normalizados de conexión de pantallas	15
4. Elementos constitutivos del circuito de pantallas	18
5. Circuitos múltiples	43
6. Ensayos	44
7. Conexión a tierra de los pararrayos	49



0. PREÁMBULO

La presente Recomendación de Ingeniería trata de la puesta a tierra de las pantallas de los cables que constituyen una línea trifásica aislada, instalada sea en una galería de servicios, en una instalación interior o directamente enterrada. Para disminuir las pérdidas en la línea y optimizar la capacidad de transporte, suelen adoptarse algunos sistemas de conexión que reducen la intensidad de las corrientes inducidas en las pantallas. Estos sistemas implican conexiones particulares de las pantallas entre sí y a tierra y dan lugar a tensiones permanentes y sobretensiones transitorias en los circuitos de pantallas que deben ser considerados.

0.1 ALCANCE

Esta Recomendación describe los sistemas y componentes empleados en las conexiones de los circuitos de pantallas de líneas de potencia trifásicas para tensiones iguales o superiores a 66 kV, constituidas por cables unipolares con pantalla metálica y cubierta aislante. Se puede requerir medios particulares para soportar las tensiones permanentes y transitorias que pueden presentarse entre distintas partes del circuito de pantallas, y entre éstas y tierra, y se debe permitir el ensayo y comprobación de la continuidad de este circuito.

0.2 DEFINICIONES

En esta Recomendación se emplean las definiciones del Vocabulario Electrotécnico Internacional (publicación CEI 50), y en el Apéndice A de "The Design of Specially Bonded Cable Systems, (parte 1)" de Electra nº 28, de Mayo de 1973.

Se añaden además las definiciones siguientes:

- **Pantalla.** Conductor concéntrico continuo que rodea al conductor y aislamiento principales, destinado a confinar el campo eléctrico y a conducir las eventuales corrientes de cortocircuito. Puede estar constituida por un recubrimiento metálico continuo o una corona de alambres eventualmente complementada con cintas metálicas. Debe conectarse a tierra directa o indirectamente.
- **Limitadores de tensión de pantalla (LTP)**⁽¹⁾. Dispositivos con dos terminales de característica tensión-corriente fuertemente no lineal, destinados a limitar las diferencias de potencial transitorias que, con ocasión de sobretensiones de impulsos, atmosféricas o de maniobra, pueden aparecer entre elementos del circuito de pantallas con rigidez dieléctrica limitada.
- **Caja de conexiones.** Caja bloqueable⁽²⁾, construida para alojar las conexiones de las pantallas, de los cables de conexión a tierra y los LTP asociados cuando existan. Debe conectarse a tierra si es metálica.

⁽¹⁾ En denominación inglesa se les llama SVL, acrónimo de Sheath Voltage Limiter

⁽²⁾ Que requiere un útil o una llave para abrirla



- **Conexión indirecta a tierra** Conexión a tierra de las pantallas de los cables, o de una sección de ellas, de tal forma que se reduzcan o eliminen las corrientes circulatorias de pantalla que de otra forma se producirían. En esta conexión entre una pantalla y un electrodo de tierra pueden quedar implicadas en serie otras secciones de pantalla de la misma u otra fase. Con la puesta a tierra indirecta se originan pequeñas tensiones permanentes en algunos puntos de las pantallas o en el terminal.



1. PRINCIPIOS GENERALES DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

En una línea de corriente alterna, el conjunto formado por las pantallas y sus conexiones constituye un circuito secundario fuertemente acoplado con el circuito primario, formado por los conductores principales sometidos a tensión de la red. Por esta razón, pueden aparecer en el circuito de pantallas intensidades considerables durante el funcionamiento normal de la línea. Hay que tener en cuenta las pérdidas y calentamiento añadidos por esta causa y adoptar, en muchos casos, medidas para minimizarlas. Se distinguen en esta Recomendación dos tipos de esquemas de conexión a tierra de las pantallas:

- Sistemas de conexión rígida a tierra
- Sistemas de conexión especial a tierra

En ambos sistemas se han de cumplir las siguientes condiciones:

- Durante el funcionamiento normal se deben conducir a tierra las corrientes capacitivas, manteniendo las pantallas a un potencial cercano al de tierra.
- Durante el tiempo que dure un cortocircuito, tanto externo a la línea como ocurrido en ella misma o en alguno de sus elementos, las corrientes de falta que puedan recorrer el circuito de pantallas no deben provocar tensiones excesivas entre pantallas y tierra y entre partes del circuito de pantallas. La rigidez del aislamiento entre pantalla y tierra (cubierta del cable) y del aislamiento de separación entre secciones de pantalla ha de ser suficiente para resistir estas tensiones.
- En los puntos en que las sobretensiones transitorias de origen atmosférico o de maniobra pudieran producir sollicitaciones dieléctricas inadmisibles en el circuito de pantallas, deben existir dispositivos limitadores de tensión adecuadamente dimensionados.

La adopción de medidas para anular o minimizar en las pantallas las intensidades permanentes asociadas al funcionamiento de la línea en condiciones normales, puede provocar otro tipo de problemas, principalmente la aparición en el circuito de pantallas de tensiones elevadas durante cortocircuitos o sobretensiones transitorias en la red. En esta Recomendación se regulan los procedimientos para mantener estas sobretensiones dentro de límites aceptables.



1.1 SISTEMAS DE CONEXIÓN RÍGIDA A TIERRA

En estos sistemas las pantallas de las tres fases se conectan directamente entre sí y a tierra para que, en todos los puntos de la línea, las tensiones de las pantallas entre sí y respecto a tierra se mantengan próximas a cero. No se adopta ninguna disposición para evitar la circulación de corrientes por las pantallas en régimen permanente. Estas corrientes, inducidas por los conductores principales, originarán una producción adicional de calor, con la consiguiente disminución de la capacidad de transporte de la línea.

Las pantallas deben unirse entre sí y a tierra en los dos extremos de la línea. Si es preciso, con objeto de limitar las tensiones de pantalla que podrían aparecer en caso de defecto en la propia línea, las pantallas se unirán entre sí en otros puntos, que también se pueden conectar a tierra.⁽³⁾

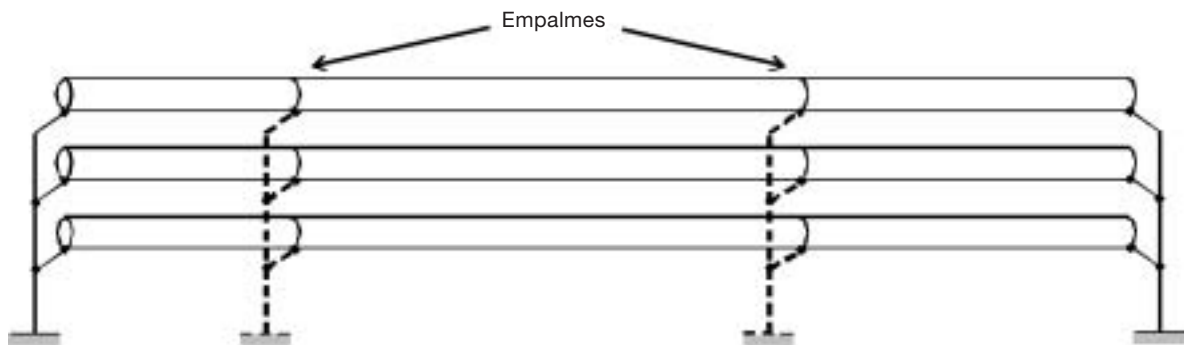


Fig. 1
Sistema de conexión rígida a tierra

Por regla general, los cables unipolares que constituyen una línea trifásica se disponen en triángulo lo más próximos posible, para reducir las corrientes en las pantallas, que aumentan al aumentar la separación entre fases.

En esta disposición, las transposiciones de fases a lo largo de la línea sólo son útiles para reducir su influencia inductiva sobre cables adyacentes. Cuando la disposición es plana, o de alguna otra manera asimétrica, la transposición de conductores puede conseguir, además, la igualdad de corrientes en las pantallas y, así se consigue, el mínimo valor de pérdidas en este tipo de conexión. En ningún caso la transposición de conductores sirve para anular las corrientes en las pantallas.

⁽³⁾ Es prudente conectar las pantallas entre sí y a tierra cada 2 a 3 km, pero solo es exigible si las tensiones generadas entre fases o entre fase y tierra por caída de tensión a causa de la circulación de corriente de defecto, supera la tensión de perforación de la cubierta.



1.2 SISTEMAS DE CONEXIÓN ESPECIAL A TIERRA

La circulación permanente de corriente por las pantallas durante el funcionamiento normal de la línea, conduce a una elevación de las pérdidas y a la necesidad de sobredimensionar la sección de los conductores principales para conseguir una determinada capacidad de transporte de la línea. Con objeto de evitar estos inconvenientes, las pantallas se conectan a tierra siguiendo esquemas que excluyan la formación de circuitos cerrados entre ellas, o bien consigan anular las fuerzas electromotrices inducidas en los posibles circuitos cerrados, sin que, dejen de cumplirse las condiciones de seguridad ya expuestas.

Conseguido este objetivo, aparecen, además de las ventajas buscadas, otras dos:

- Puede incrementarse la separación entre fases para conseguir una mejor disipación del calor al medio circundante.
- Al ser menor la sección necesaria del conductor principal, la corriente capacitiva absorbida por la línea es algo menor.

Se han de tener en cuenta ciertos inconvenientes:

- El sistema de pantallas (cables y accesorios) debe soportar tensiones permanentes (del orden de algunas decenas de volt) y transitorias (del orden de algunos kilovolt), y por consiguiente ha de estar aislado totalmente respecto a tierra, salvo en los puntos de conexión previstos.
- En ciertos casos, se han de emplear empalmes que permitan la discontinuidad eléctrica en las pantallas.
- Deben instalarse elementos de limitación de las sobretensiones transitorias de corta duración en los puntos de discontinuidad de las pantallas y, en ciertos casos, en los extremos.
- En los casos de puesta a tierra en un solo punto, es necesario instalar un conductor de continuidad de tierra.

Las pérdidas en las pantallas no pueden eliminarse completamente anulando la intensidad total que las recorre. El efecto de proximidad genera corrientes parásitas en los caminos cerrados dentro de la masa de la pantalla (pérdidas de Foucault) que también ocasionan pérdidas.



1.2.1 Sistema de conexión cruzada de pantallas

Este sistema consiste en dividir la longitud total de la línea en secciones mediante discontinuidades en las pantallas, efectuando en cada cambio de sección una conexión cruzada de pantallas. Los puntos naturales para establecer la discontinuidad son los empalmes. El esquema típico es el formado por una o más “secciones mayores” conteniendo, cada una de ellas, tres “secciones menores” .

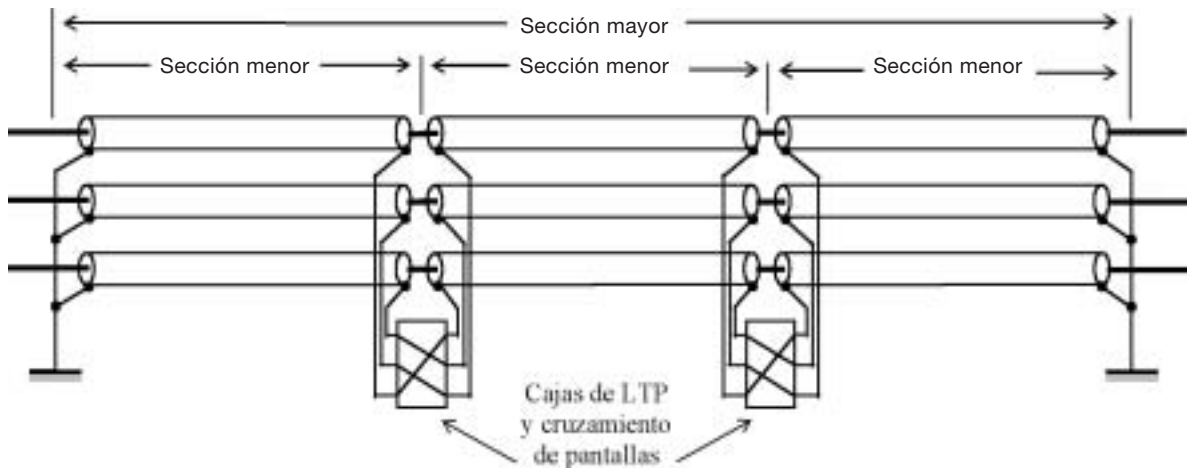


Fig. 2
Sistema de conexión cruzada
(1 sección mayor, 3 secciones menores)

De esta forma se consigue que en cada sección mayor la f.e.m. total inducida sea prácticamente nula. Puede conseguirse una reducción suficiente, aunque no total, de esta f.e.m. con secciones desiguales o en número no múltiplo de tres. Las pantallas se conectan a tierra en los dos extremos de la línea y, eventualmente, en los extremos de las secciones mayores. Si la disposición de los cables no es simétrica (disposición plana, por ejemplo) y, por esta razón, se efectúan transposiciones de los mismos, el cruzamiento de las conexiones de las pantallas debe efectuarse en sentido contrario al de la transposición, de forma que las pantallas en serie permanezcan en la misma posición espacial en todo el recorrido.

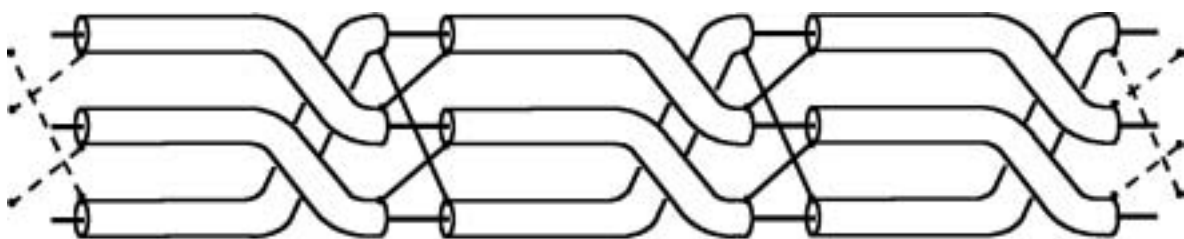


Fig. 3
Cruzamiento de pantallas en el
caso de transposición de cables



A efectos de la conexión de las pantallas entre sí y a tierra se distinguen dos variantes: **Conexión cruzada seccionada**: Las pantallas se unen entre sí y a tierra en los extremos del circuito y en los extremos de todas las secciones mayores.

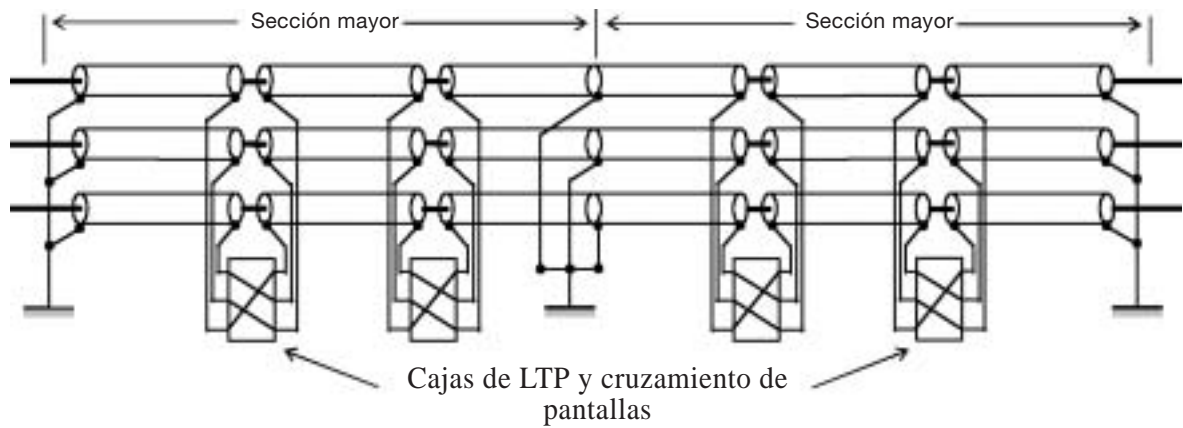


Fig. 4
Sistema de conexión cruzada seccionada
(2 secciones mayores, 6 secciones menores)
(Puesta a tierra intermedia)

Conexión cruzada continua: Las pantallas se unen entre sí y a tierra solamente en los extremos del circuito.

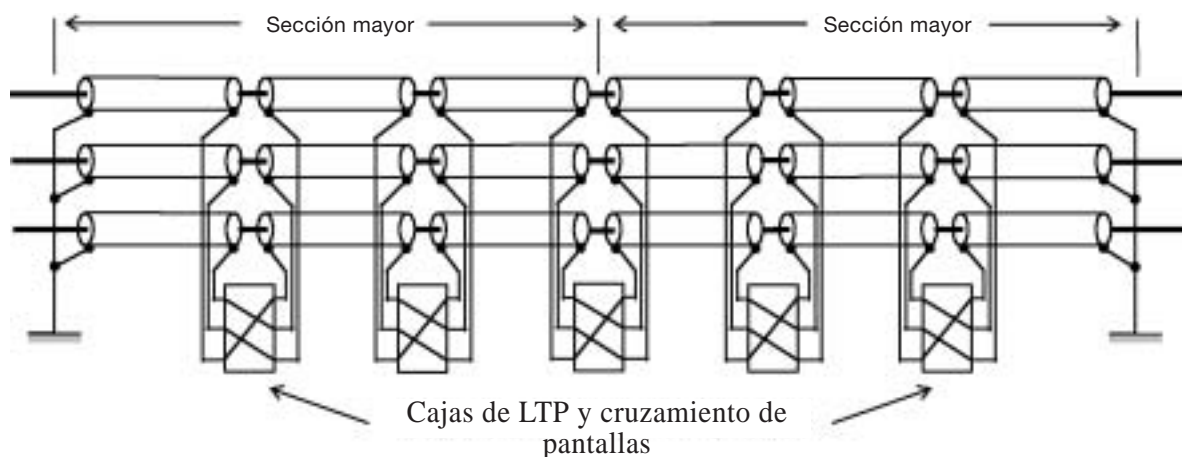


Fig. 5
Sistema de conexión cruzada continua
(2 secciones mayores, 6 secciones menores)



1.2.2 Sistema de punto único de puesta a tierra

En trazados cortos o que no requieran más de un tramo de cable, puede ser antieconómico el sistema de conexión cruzada de pantallas. Se recurre en estos casos a un esquema en el que cada pantalla tenga un solo punto de conexión a las demás y a tierra. Normalmente, el punto en el que las pantallas se unen y se conectan a tierra es uno de los extremos de la línea, pero, si las tensiones permanentes de pantalla que aparecieran en ese caso fueran excesivas, puede trasladarse el punto de conexión a tierra a un punto intermedio. El circuito de pantallas de una línea puede fraccionarse en secciones aisladas entre sí, con un punto único de puesta a tierra cada sección. Tanto en el caso anterior como en este último, el sistema recibe el nombre de puesta a tierra en punto único.

En el sistema de punto único, cada sección del circuito de pantallas se une a tierra conectándola al conductor de continuidad de tierra (descrito en 1.2.3), bien en sus extremos o bien en puntos intermedios.

En las figuras Fig. 6, Fig. 7 y Fig. 8 se representan ejemplos típicos de puesta a tierra de punto único para líneas de una o dos secciones.

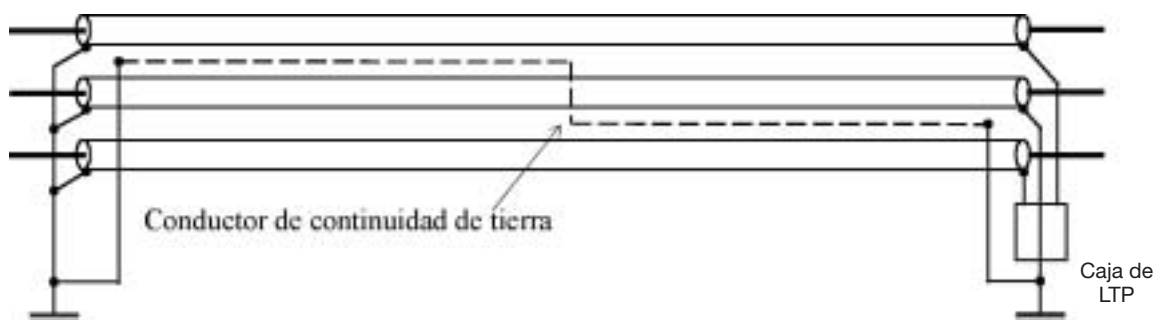


Fig. 6
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en un extremo)

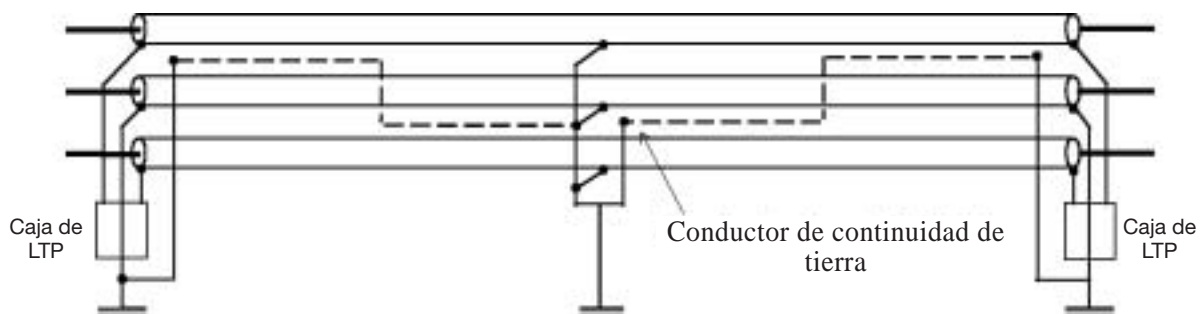


Fig. 7
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en el punto medio)

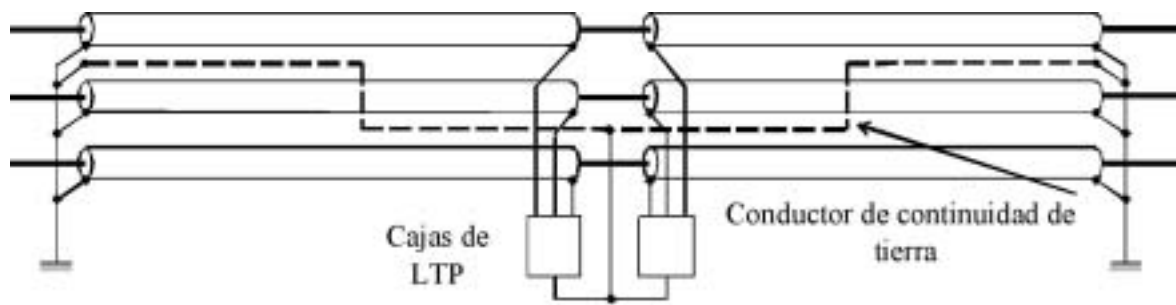


Fig. 8
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en los dos extremos con interrupción de pantalla en el punto medio)

1.2.3 Conductor de continuidad de tierra

Si no existiese una unión de baja impedancia entre los electrodos de puesta a tierra de ambos extremos de la línea, en caso de circulación por la línea de corrientes de cortocircuito con fuerte componente homopolar habrá un retorno por tierra. En este caso pueden inducirse tensiones muy elevadas en el circuito de pantallas y en conductores próximos y paralelos a la línea. A fin de proveer un camino de baja impedancia para la corriente homopolar, se dispone un enlace conductor entre los electrodos de tierra de ambos extremos de la línea formado por un (o varios) conductor de sección suficiente para admitir la corriente de cortocircuito esperada. Este conductor, instalado adyacente a la línea, se transpone en puntos intermedios para equilibrar las f.e.m. inducidas y evitar así la circulación permanente de corriente durante el funcionamiento normal de la línea. El conductor de continuidad de tierra deberá estar aislado en todo su recorrido. Se prueba a una tensión de ensayo de 10 kV, 50 Hz, 1 min.

1.2.4 Sobretensiones en el circuito de pantallas

En los sistemas de conexión especial, la circulación de corrientes de falta externas o internas a la línea induce tensiones de frecuencia industrial en las pantallas, superiores a las de funcionamiento permanente. Estas tensiones no deben superar los valores admisibles por la cubierta exterior de cables y accesorios o por los aislamientos de discontinuidad de pantallas en los empalmes y terminales. Su valor depende de la longitud de las secciones menores, de los parámetros eléctricos y geométricos de la línea, de la intensidad de cortocircuito y del esquema del circuito de pantallas. Los cables y accesorios se diseñan para resistir estas sobretensiones.

Los fenómenos transitorios rápidos de origen atmosférico o de maniobra originan sobretensiones de frente abrupto que se propagan por el circuito de pantallas y pueden alcanzar valores muy elevados en los puntos de interrupción de las pantallas y en los terminales. Para limitar estas sobretensiones es necesario instalar dispositivos limitadores de tensión en determinados puntos, tal como se detalla en el apartado 1.2.5. Estos limitadores no deben, en ningún caso, iniciar la conducción con la tensión de frecuencia industrial, ocasionada por las corrientes de falta, que pueda presentarse en sus bornes.



1.2.5 Limitadores de tensión de pantallas (LTP)

Los dispositivos limitadores indicados en el apartado anterior, también denominados descargadores de sobretensión, son elementos conductores de óxido de cinc fuertemente no lineales. Presentan una resistencia muy elevada a las tensiones reducidas que aparecen en condiciones de funcionamiento normal, por lo que no modifican el esquema del circuito de pantallas. Conducen débilmente a las tensiones de frecuencia industrial originadas durante faltas en la red, sin tener ningún efecto limitador sobre esas tensiones. En cambio, conducen intensamente para las perturbaciones breves de origen atmosférico o de maniobra que originarían tensiones muy elevadas en los extremos y en los puntos de discontinuidad, limitando estas tensiones a valores admisibles. Esta conducción va acompañada de producción de calor en el descargador, para la que éste tiene una capacidad reducida de almacenamiento. Por esta razón, sólo son adecuados para limitar sobretensiones de un orden de duración inferior a 1 ms, pudiendo quedar destruidos si una tensión de frecuencia industrial, aun de corta duración, llega a rebasar su umbral de conducción franca.

Se han de limitar las tensiones que aparecen entre pantallas y la tierra local y que someten a esfuerzo dieléctrico a la cubierta aislante del cable y a los aisladores de soporte de los terminales, y las tensiones que se presentan entre los dos extremos de pantalla que concurren en un mismo empalme con discontinuidad de pantalla, que deben ser soportadas por un espesor muy reducido de material aislante en el interior del empalme.

1.3 CONEXIONES DE PANTALLAS

Para permitir comprobaciones periódicas de aislamiento y continuidad del circuito de pantallas, las conexiones entre ellas, a tierra y a los LTP se efectúan mediante elementos amovibles⁽⁴⁾. La conexión de los LTP debe ser también amovible.

Estas conexiones y los LTP deberán colocarse fuera del alcance de personas no autorizadas, sea en cajas adecuadas, con interposición de barreras físicas, o junto a la base de terminales de exterior si no son accesibles desde el suelo.

⁽⁴⁾ Las conexiones amovibles están conectadas por medio de cuchillas o tornillos y se pueden retirar y reponer fácilmente, sin someter a los elementos del circuito a esfuerzos o dobladuras.



2. CONDICIONES Y PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS DE PUESTA A TIERRA

2.1 CONDICIONES GENERALES

Todas las conexiones directas entre pantallas y entre éstas y tierra deben realizarse a través de enlaces amovibles. Las conexiones entre pantallas y entre éstas y tierra realizadas a través de LTP deben ser desconectables. Durante el funcionamiento de la línea, estos elementos deberán ser considerados como elementos con tensión y se establecerá para su acceso las mismas precauciones que para las partes con tensión de la instalación.

2.2 PUNTOS DE CONEXIÓN A TIERRA DE LAS PANTALLAS

La conexión a tierra directa de las pantallas se efectuará teniendo en cuenta las prescripciones siguientes:

- En los casos en que deban conectarse a tierra las pantallas en alguno de los extremos de la línea, la conexión se efectuará al electrodo general de tierra de la subestación y en el mismo punto donde se conecte, si existe, el conductor de continuidad de tierra.
- En los casos en que se conecten a tierra las pantallas en puntos intermedios de la línea, se conectará también al conductor de continuidad si existe.
- Si no existe conductor de continuidad, y en el emplazamiento hubiera un sistema local de tierra destinado a otros usos, para efectuar la conexión de las pantallas a este sistema en puntos intermedios de la línea será necesario justificar que puede admitir los impulsos de intensidad que se originarían en caso de descarga atmosférica o de maniobra, las intensidades de frecuencia industrial que aparecerían en caso de cortocircuito en algún punto de la línea o externo a ella y las intensidades permanentes de frecuencia industrial que puedan presentarse por asimetrías de la línea u otras causas, salvando siempre la seguridad de personas y equipos.

2.3 PUNTOS DE CONEXIÓN A TIERRA DE LOS LTP

En las situaciones en las que los dispositivos LTP estén conectados en estrella, el centro de ésta podrá conectarse a tierra en los casos siguientes:

- En los casos en que deban conectarse los LTP en alguno de los extremos de la línea, la conexión se efectuará al electrodo general de tierra de la subestación y en el mismo punto donde se conecte, si existe, el conductor de continuidad de tierra.
- Al conductor de continuidad si existe.
- Si no existe conductor de continuidad, ni hay una red de tierra adecuada podrá efectuarse la conexión a un electrodo formado por cuatro picas de longitud no menor de 1,2 m, conectadas en paralelo y situadas en las cuatro esquinas del recinto donde se alojan los LTP, siempre que este electrodo sea eléctricamente independiente de cualquier otro sistema local de tierra de la instalación.



- Si no existe conductor de continuidad, y en el emplazamiento existe un sistema local de tierra destinado a otros usos, para efectuar la conexión a este sistema será necesario justificar que puede admitir los impulsos de intensidad que se originarían en caso de descarga atmosférica o de maniobra y las intensidades de frecuencia industrial que aparecerían en caso de actuación de uno de los LTP salvando la seguridad de personas y equipos.
- Si no se da alguna de las posibilidades indicadas en los supuestos anteriores, el centro de estrella de los LTP no se conectará a tierra. En estos casos, es preferible la conexión de los LTP en triángulo.

3. ESQUEMAS NORMALIZADOS DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

3.1 SISTEMAS DE CONEXIÓN RÍGIDA A TIERRA

En este sistema las pantallas están directamente unidas entre sí y a tierra en ambos extremos y, eventualmente, en algún punto intermedio, sin que exista interrupción alguna en su continuidad. En la Fig.1 se ilustra el caso general, en el que los dos extremos de la línea y eventualmente los puntos de empalme están conectados directamente a tierra.

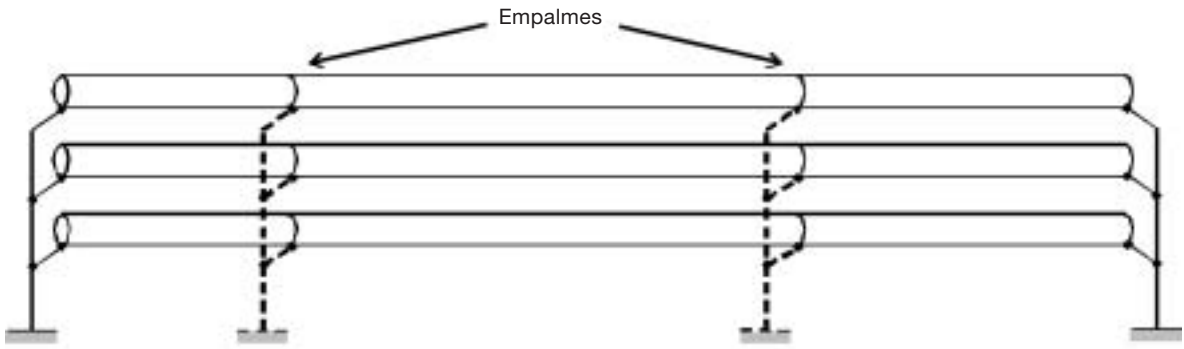


Fig. 1
Sistema de conexión rígida a tierra

3.2 SISTEMAS DE CONEXIÓN CRUZADA DE PANTALLAS

La Fig. 2 describe el esquema a emplear en el caso de sección mayor única y la Fig. 5 en el caso de dos secciones mayores. En este sistema sólo son necesarios dispositivos limitadores de sobretensión en los puntos intermedios de discontinuidad de las pantallas.

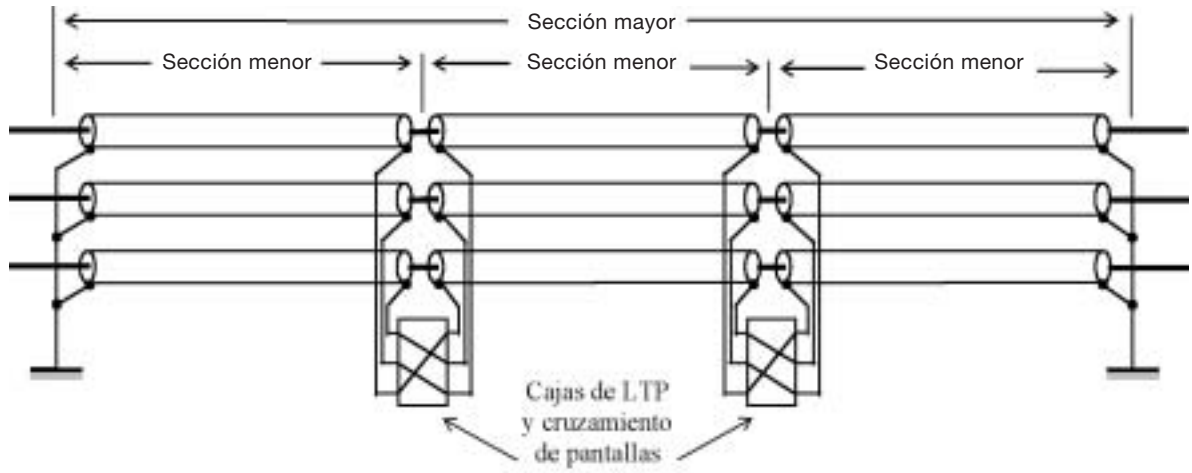


Fig. 2
Sistema de conexión cruzada
(1 sección mayor, 3 secciones menores)

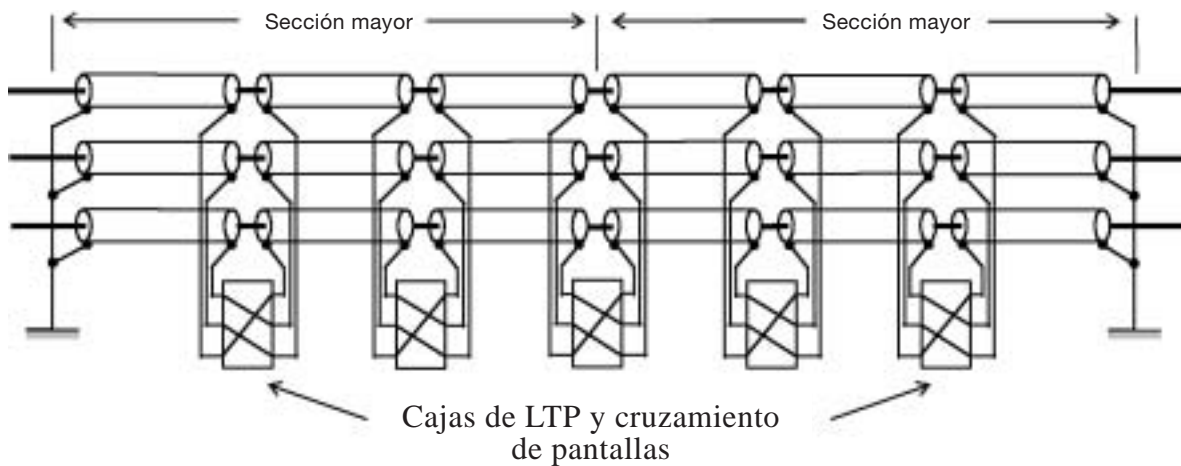


Fig. 5
Sistema de conexión cruzada continua
(2 secciones mayores, 6 secciones menores)

Los LTP se pueden conectar de las siguientes formas (ver Fig 9):

- En triángulo, quedando cada uno de ellos en paralelo con el espacio de interrupción de continuidad de cada pantalla.
- En estrella, con su centro conectado a una toma de tierra local o al conductor (o a uno de los conductores) de continuidad, si existe (ver apartado 2.3).
- En estrella, con su centro aislado.

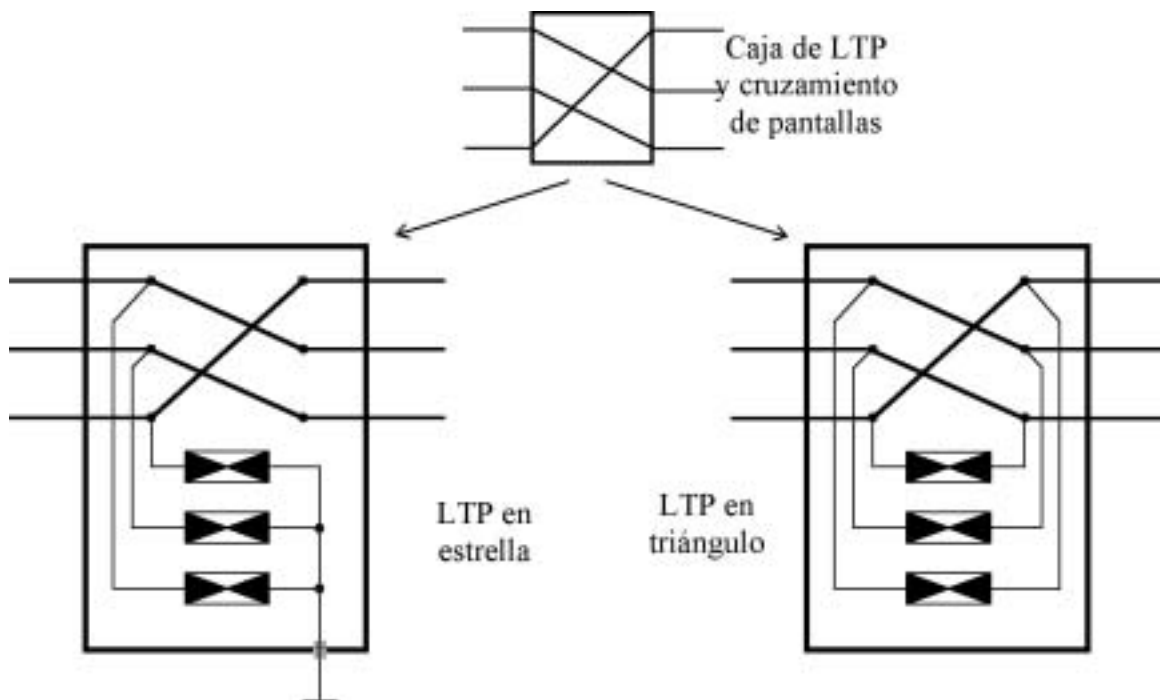


Fig. 9
Detalle de caja de LTP y cruzamiento de pantallas



3.3 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN PUNTO ÚNICO

Estos sistemas, que pueden estar constituidos por una o varias secciones, se caracterizan por la discontinuidad de las pantallas en algunos (o en todos) los cambios de sección y por la unión de las pantallas entre sí y a tierra en un único punto dentro de cada sección. En cada extremo de sección que no coincida con el punto de su puesta a tierra, se deberán instalar dispositivos limitadores de sobretensión montados en estrella con centro conectado a tierra. Debe existir conductor de continuidad, y las conexiones a tierra, tanto de las pantallas como de los dispositivos limitadores de sobretensión, deben realizarse directamente a este conductor (Figs. 6, 7 y 8).

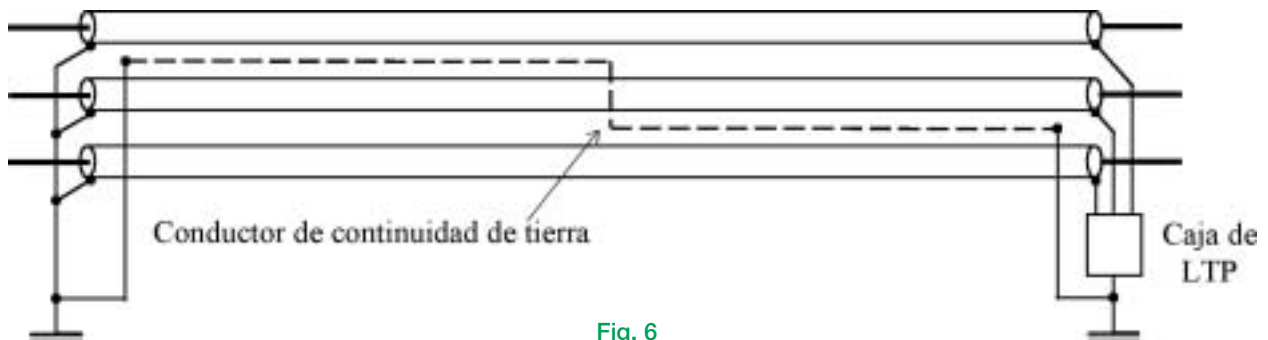


Fig. 6
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en un extremo)

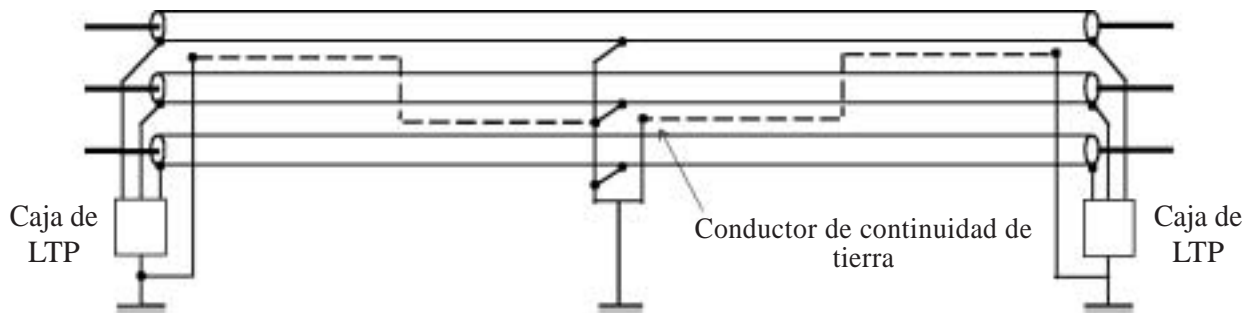


Fig. 7
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en el punto medio)

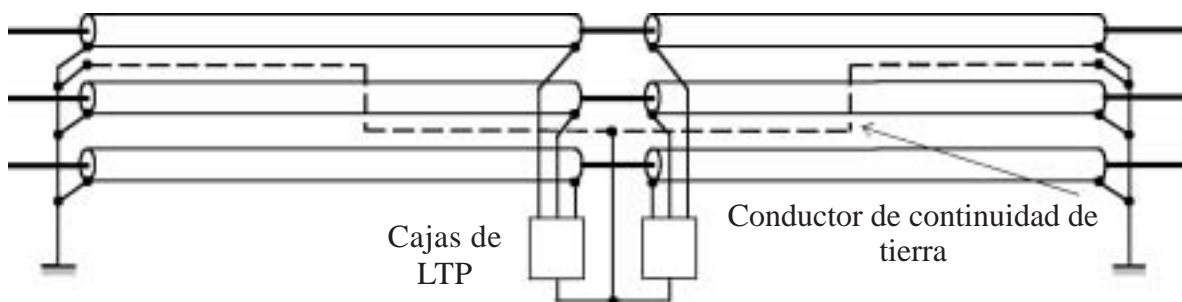


Fig. 8
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en los dos extremos con
interrupción de pantalla en el punto medio)



4. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL CIRCUITO DE PANTALLAS

Se describen a continuación los elementos necesarios para establecer las conexiones entre los elementos del circuito de pantallas que cada sistema requiera, así como para la comprobación posterior de las pantallas.

4.1 CAJAS O ARMARIOS DE CONEXIÓN⁽⁵⁾

Los extremos de los cables de enlace y de los LTP (exceptuando los LTP conectados directamente entre aislamientos de seccionamiento en terminales de equipos con envolvente metálica o en terminales exteriores -ver apartado 4.5.1), estarán encerrados en cajas de conexión capaces de contener los efectos del fallo térmico o eléctrico de alguno de los elementos alojados sin que se produzcan daños a elementos externos vecinos. En los casos de cajas instaladas en arquetas o recintos de volumen reducido se recomienda que sean capaces, de contener los efectos de un cortocircuito interno.⁽⁶⁾

En el caso de tensiones de 245 kV en adelante, con sus correspondientes niveles de defecto elevados, se acepta que, en determinadas situaciones, los aislamientos de los LTP y de las conexiones pueden no ser capaces de soportar las condiciones a que se les somete en caso de defecto interno de la propia línea. Cuando se prevea esta situación, deberán adoptarse medidas adicionales para confinar las consecuencias de tal tipo de defecto.

Las cajas de conexión metálicas deberán conectarse siempre a tierra, por medio de una conexión independiente de la puesta a tierra de los elementos contenidos en su interior, (conexiones de las pantallas o de los LTP) con un nivel de aislamiento suficiente. El aislamiento interno de las cajas de conexiones deberá cumplir las condiciones del apartado 6.3.

Las cajas o armarios deberán estar provistos de algún medio para evitar posiciones de conexión incorrectas y estarán dotados de una etiqueta que muestre la disposición de enlace normal.

Las conexiones de los terminales, cables de enlace y LTP deberán estar diseñadas para que puedan alcanzar y mantener fácilmente las resistencias de contacto del apartado 6.6 (d). Los terminales y cables de enlace deberán cumplir también las condiciones de resistencia a cortocircuito dadas en la Tabla del apartado 4.2.

⁽⁵⁾ Las cajas de conexión son de tipo horizontal estancas, y se emplean en arquetas o galerías. Los armarios son de tipo vertical protegidos frente a intemperie y se emplean sujetos en paredes de S.E o estructuras metálicas (torres o castilletes).

⁽⁶⁾ Un cortocircuito interno genera una sobrepresión muy importante. De romperse la caja, esta sobrepresión se transmitirá a la arqueta (de pequeño volumen) y puede ser suficiente para arrancar la tapa y provocar un accidente.



4.1.1 Cajas de conexión estancas

Deberán cumplir el grado de protección IP68. Las que contengan LTP y que se monten a nivel del suelo deberán ser de tipo horizontal, con tapas provistas de pernos adecuadas para instalación en arquetas poco profundas debajo de la superficie del terreno. El punto más alto de la caja montada en arqueta (sin considerar las argollas de elevación) no deberá estar a más de 1 m por debajo del nivel del terreno, para facilitar la manipulación.

Las cajas previstas para instalación exterior deben ser a prueba de intemperie y adecuadas para montaje sobre estructuras de soporte de terminales estancos.

Las cajas metálicas deberán estar puestas a tierra mediante la conexión a electrodos principales de tierra adyacentes o al conductor de continuidad de tierra. También podrán conectarse únicamente a un sistema local de tierra, independiente del sistema principal, si el aislamiento interno de la caja garantiza el nivel de seguridad adecuado.

Cada caja ha de contener los elementos de un solo circuito.

4.1.2 Armarios o cajas de conexión protegidas

Todas estas cajas deberán cumplir el grado de protección IP54. Cuando están en posición vertical se las denomina armarios. Los armarios han de cumplir las siguientes condiciones:

- (1) La parte posterior del armario deberá ser un panel fijo.
- (2) La(s) puerta(s) deberá(n) estar cerrada(s) mediante un candado de seguridad o un método alternativo. Cuando el armario tenga dos puertas, sólo una de ellas necesita ser bloqueable; la otra puerta puede estar asegurada mediante fallebas internas en la parte superior e inferior.
- (3) Cada circuito ha de tener sus cables de conexión a pantallas y a tierra, LTP y cables de puesta a tierra propios. No se pueden compartir estos elementos entre dos circuitos.

Cuando el armario esté situado dentro del área de una malla de tierra importante (por ejemplo de una subestación), deberán conectarse a esta malla la barra de tierra interna. Si el armario es metálico deberá conectarse también a esta malla de tierra, pudiendo efectuarse esta conexión a la barra de tierra en su interior.

Cuando la caja no esté situada así (por ejemplo en puntos de empalme a lo largo del recorrido del cable), la barra de tierra a la cual están enlazados los cables de conexión (vía LTP, en los casos apropiados) en operación normal deberá estar conectada al sistema de puesta a tierra del emplazamiento del empalme. La caja, si es metálica, deberá estar conectada a su propia tierra local. El aislamiento entre la barra de tierra interna y la caja deberá ser adecuado para resistir el nivel de ensayo entre cable de enlace y tierra especificado en el Punto 6.3. El aislamiento entre la envolvente de los LTP y la caja también deberá cumplir esta condición.

Cuando la caja sea metálica, su borne de conexión a tierra será independiente de los elementos alojados en ella. El conjunto de los dispositivos de enlace podrá estar cubierto por una pantalla aislante transparente de metil-metacrilato, o de otro material adecuado.



4.2 CABLES DE ENLACE ENTRE PANTALLAS Y CAJAS DE CONEXIONES Y/O ALOJAMIENTO DE LTP

Estos cables deben estar constituidos por conductores de cobre cableados aislados con XLPE, y deberán ser de uno de los tipos siguientes:

- (i) Construcción unipolar, de acuerdo con la Tabla 1A.
- (ii) Construcción concéntrica, de acuerdo con la Tabla 1B.

Las Tablas 1A y 1B muestran la sección mínima de conductor de conexión asociada con las tensiones nominales y con los niveles de corriente de cortocircuito del sistema. Los cables de conexión deberán cumplir las condiciones de la UNE-HD-603 en todo lo que les sea de aplicación, excepto en lo referente a las tensiones de prueba, que serán las indicadas en el Punto 6.4 de esta recomendación.

La sección de los cables de conexión, tanto para los conductores interior y exterior de los cables concéntricos como para los cables unipolares en cualquier tipo de conexión, se determinará por el valor máximo de la corriente de cortocircuito previsto para la instalación. En función de la tensión más elevada para el material, se establecen los niveles mínimos de esta corriente a tener en cuenta en el diseño de los conductores de conexión en las Tablas 1A y 1B, y que son los siguientes:

$U \leq 72,5 \text{ kV}$	16 kA durante 1 segundo
$72,5 \text{ kV} < U \leq 145 \text{ kV}$	25 kA durante 1 segundo
$145 \text{ kV} < U \leq 245 \text{ kV}$	40 kA durante 1 segundo
$245 \text{ kV} < U$	63 kA durante 1 segundo

Si en una instalación concreta se prevén valores más elevados, se deberán adoptar secciones superiores adecuadas.

Los cables de conexión a emplear deberán ser:

- **En sistemas de cable con conexión rígida:** Todos los cables de conexión serán unipolares.
- **En sistemas de cable con conexión especial:** Excepto en los casos que se indican más adelante, todos los cables de conexión serán concéntricos. En un empalme con seccionamiento de pantalla los conductores de los dos lados del seccionamiento serán el interior y el exterior del cable de conexión.

En los terminales, los cables de enlace conectados a las pantallas de los cables deberán ser los conductores interiores de los cables concéntricos; los conductores exteriores de los citados cables estarán conectados en todos los casos a las partes metálicas de las estructuras de soporte del terminal. De emplearse cajas de conexión metálica, los conductores



exteriores de los cables concéntricos de los terminales estarán conectados en todos los casos a la caja metálica.

Los LTP y sus conexiones amovibles podrán situarse directamente sobre la torre o estructura metálica de soporte.

Las conexiones deberán estar diseñadas para minimizar la longitud de los cables. Siempre que sea posible, ningún cable de conexión de tipo concéntrico deberá tener más de 10 m de longitud.

En instalaciones nuevas no se admitirán empalmes en los conductores de conexión, pero podrán admitirse en posteriores intervenciones, por ejemplo, en trabajos de mantenimiento o reparación.

Los casos excepcionales en los que pueden emplearse cables de conexión unipolares en sistemas con conexión especial de pantalla son:

- Cables de enlace usados para la puesta a tierra de las pantallas de los cables en el punto común de conexión a tierra de dos tramos con conexión de punto único, como muestra la Fig. 7

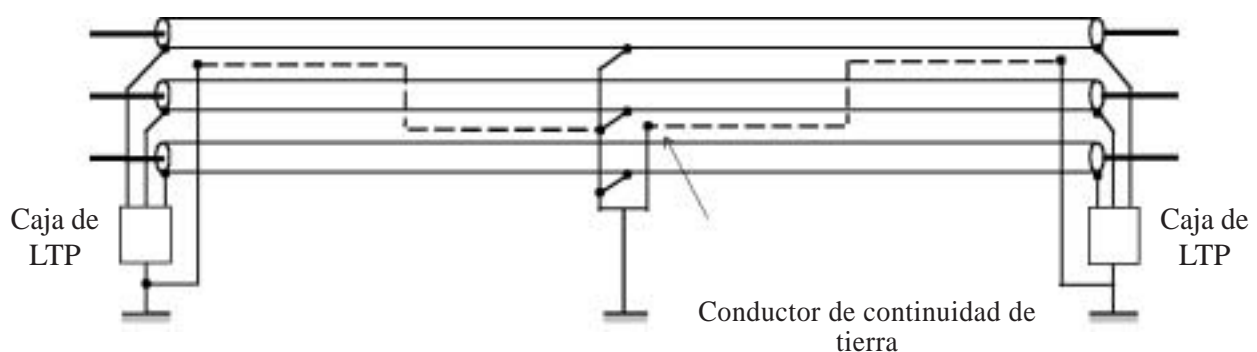


Fig. 7
Sistema de punto único
(Puesta a tierra en el punto medio)

- Cables de enlace usados en terminales normalmente puestos a tierra.
- Cables de enlace usados para la puesta a tierra u otras conexiones en los terminales en equipos con envolventes metálicas, como en las Figs. 10, 11 y 12.

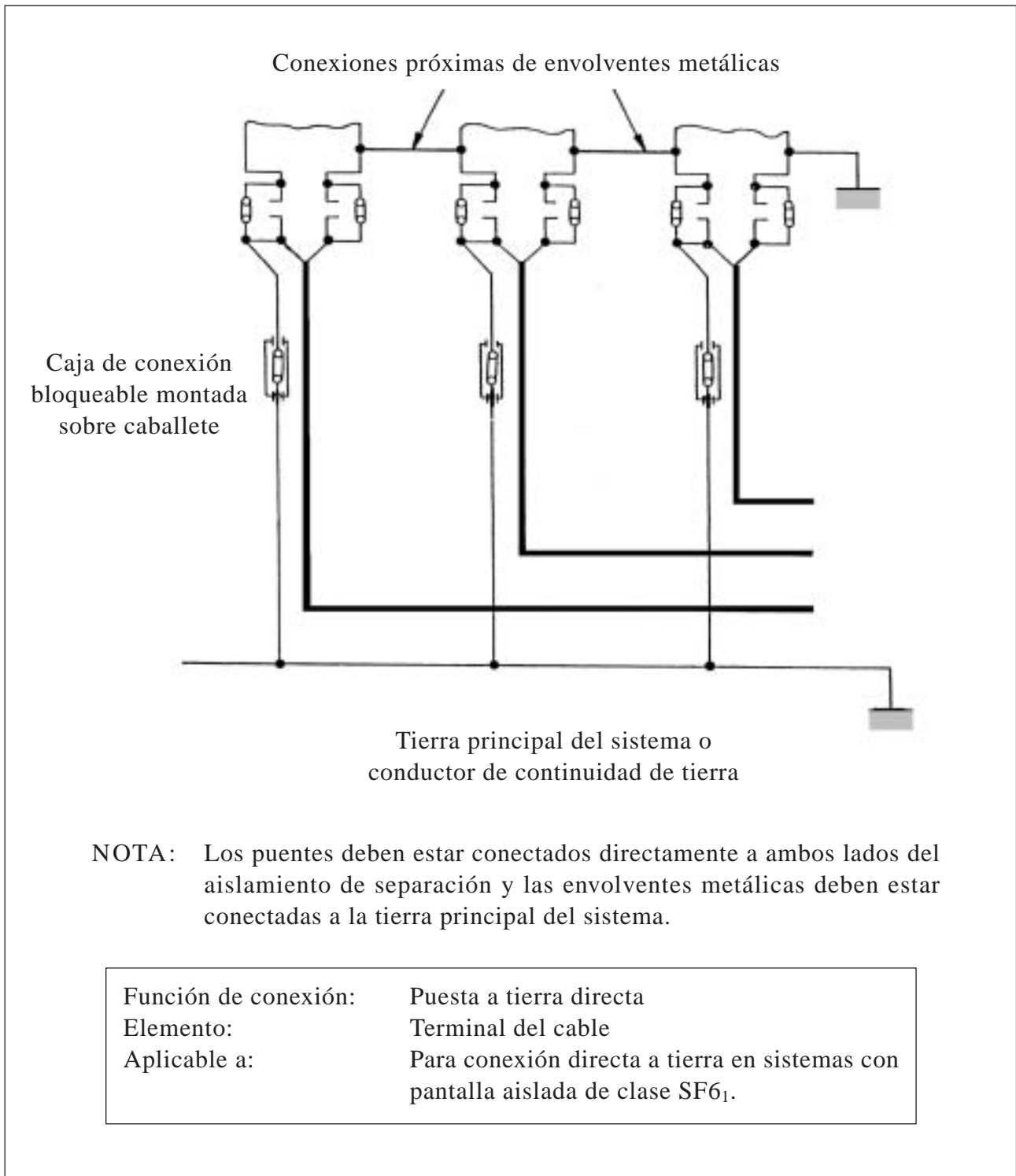


Fig. 10
Esquema de conexión de pantallas en terminales con envoltorio metálico
(Puesta a tierra directa)

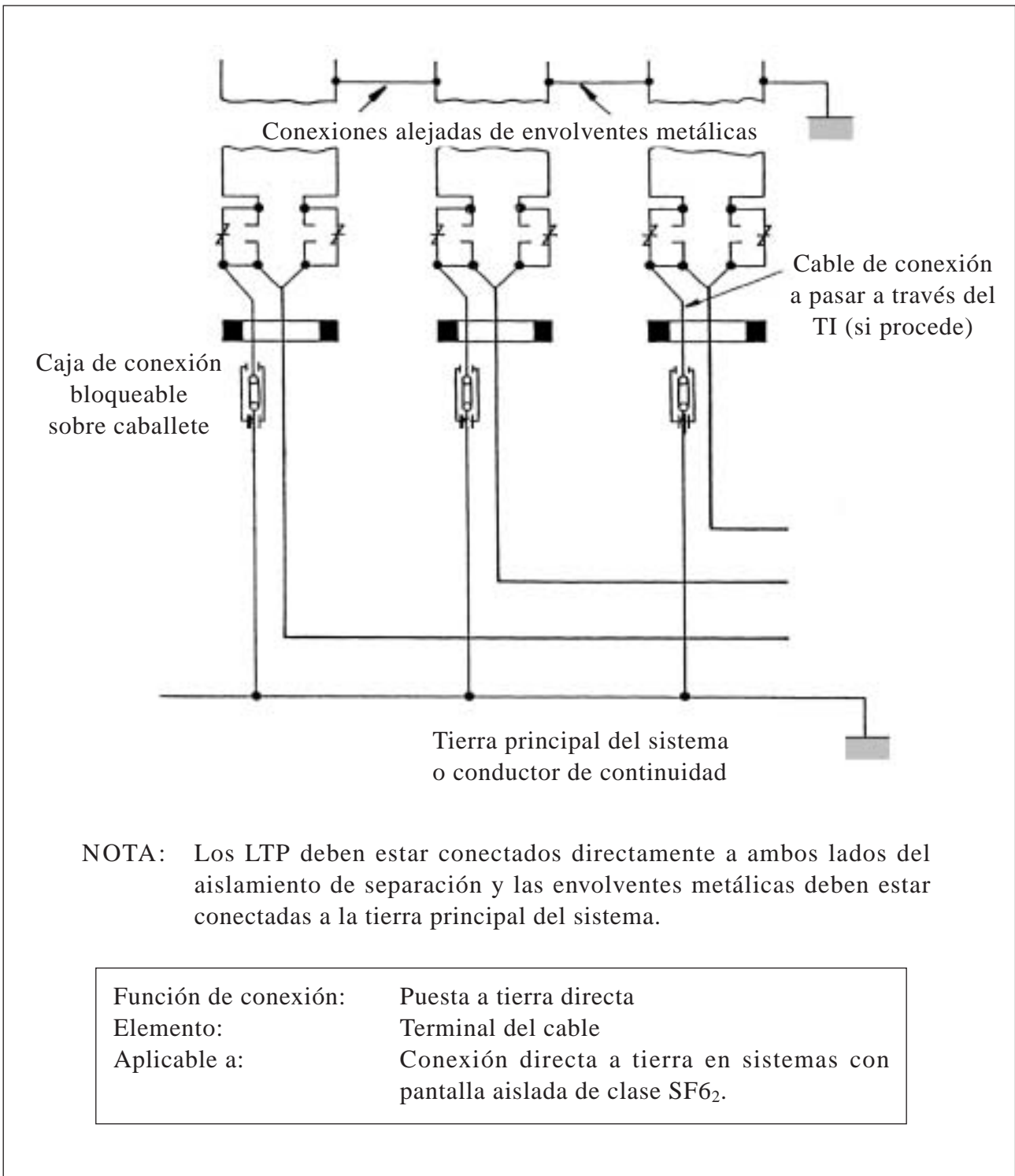


Fig. 11
Esquema de conexión de pantallas en terminales con envoltente metálico
(Puesta a tierra directa)

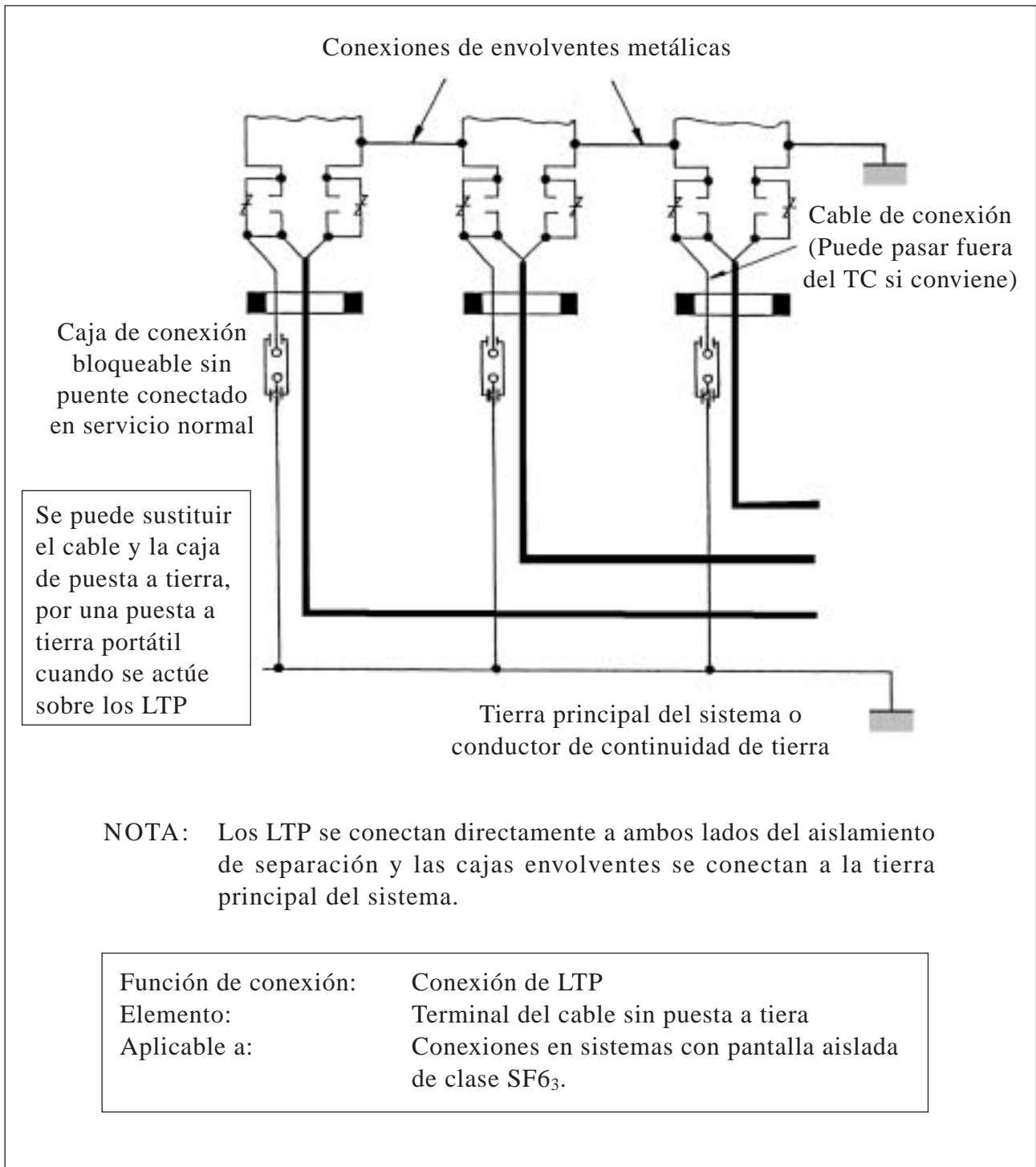


Fig. 12
Esquemas de conexión de pantalla en terminales con envoltorio metálico
(No puestas a tierra)



4.3 TERMINALES DE EXTREMO DE LÍNEA

4.3.1 Terminales para instalación al aire.

Todos los cables de conexión entre pantallas o partes metálicas de la base del terminal, las cajas de conexión y los puntos de puesta a tierra deberán ser de alguno de los tipos aislados normalizados.

El nivel de aislamiento entre pantallas (o partes metálicas conectadas a ellas) y tierra deberá ser tal que permita la aplicación de las pruebas de rigidez de alta tensión continua especificados a la cubierta del cable. Han de soportar también las sobretensiones indicadas en la columna 3 de la Tabla 2A.

El aislamiento respecto a tierra de las bases metálicas de los terminales de exterior se hará mediante los aisladores de pedestal.

4.3.2 Terminales para conexión directa a equipos con envolvente metálica.

Los terminales para instalaciones blindadas (GIS o transformadores) incorporarán aislamiento de separación de pantalla.

Cuando los cables terminen en equipo con envolvente metálica (con aislamiento de SF6 o de aceite), pueden necesitarse disposiciones especiales para la conexión, la puesta a tierra y la utilización de LTP. Los circuitos principales pueden dividirse en dos clases, “ACEITE” y “SF6”.

4.3.2.1 Circuitos ACEITE

Esta clase comprende terminales con blindaje metálico en un transformador (generalmente sumergidos en aceite). La conexión al devanado del transformador se hace directamente o a través de un seccionador (no maniobrable en servicio). Para esta aplicación se permite usar las mismas disposiciones de conexión y de puesta a tierra de los terminales al aire, o sea Figs. 13 a 15 inclusive. También, pueden usarse las disposiciones de conexión y de puesta a tierra para circuitos de clase SF6 si resultan más económicas o más adecuadas a las condiciones del emplazamiento.

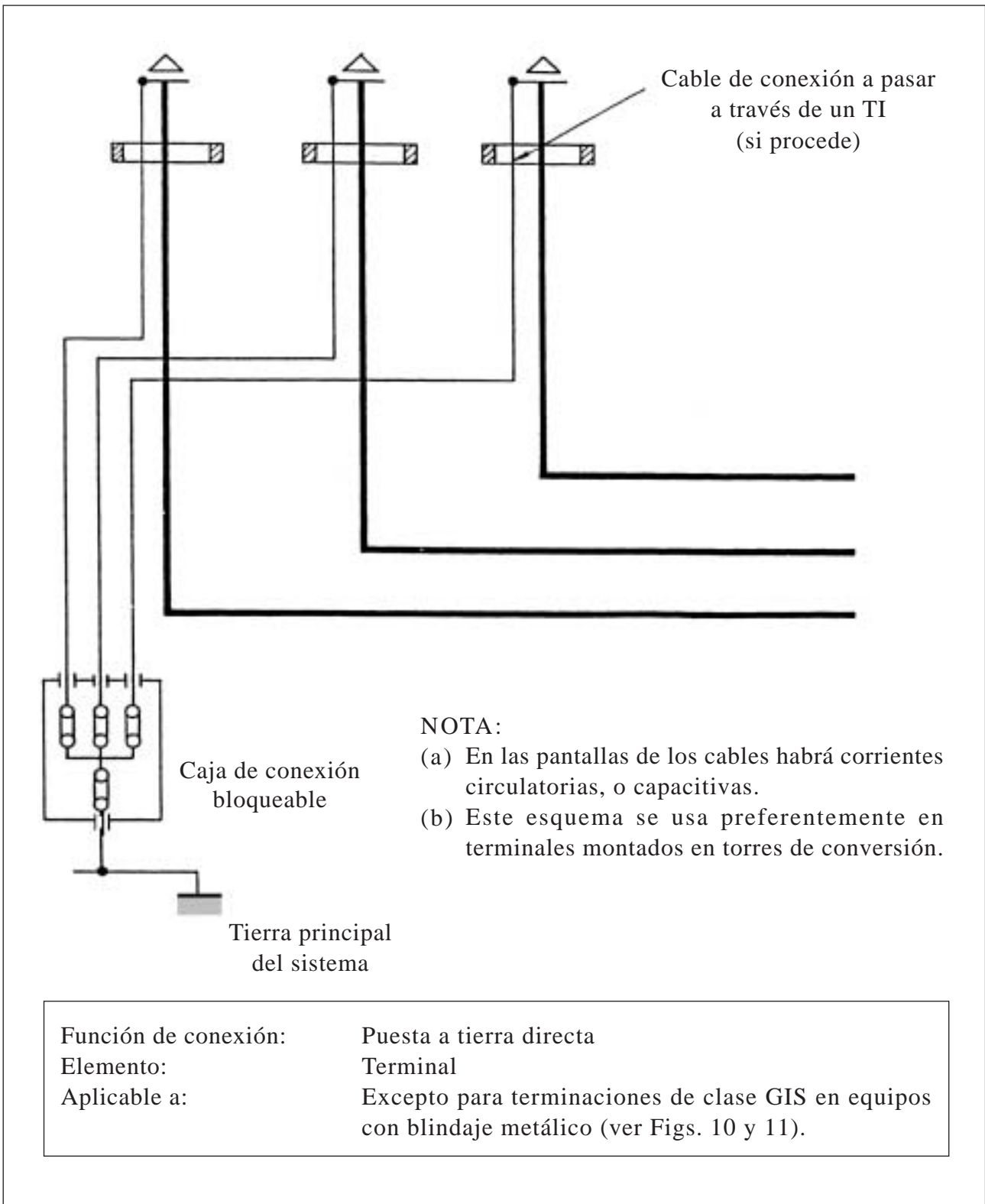
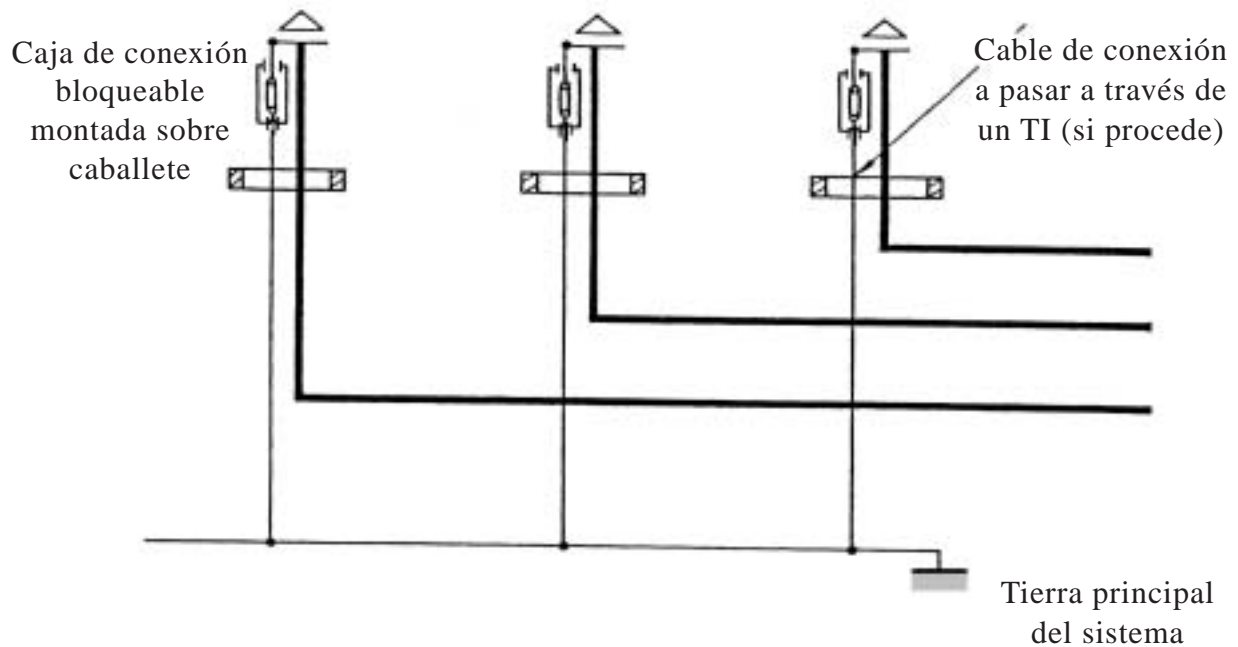


Fig. 13
Esquemas de conexión de pantalla en terminales en conexión rígida
(Puestas a tierra directa)



- NOTA: (a) En las pantallas habrá corrientes circulatorias, o capacitivas.
 (b) Este esquema se usa preferentemente en terminales montados en castilletes individuales.

Función de conexión:	Puesta a tierra directa
Elemento:	Terminal
Aplicable a:	Sistemas de todo tipo con conexión de sus extremos a terminales tipo intemperie y a terminales de equipos con envolvente metálica de clase ACEITE.

Fig. 14
 Esquema de conexión de pantallas en terminales
 (Puestas a tierra directa)

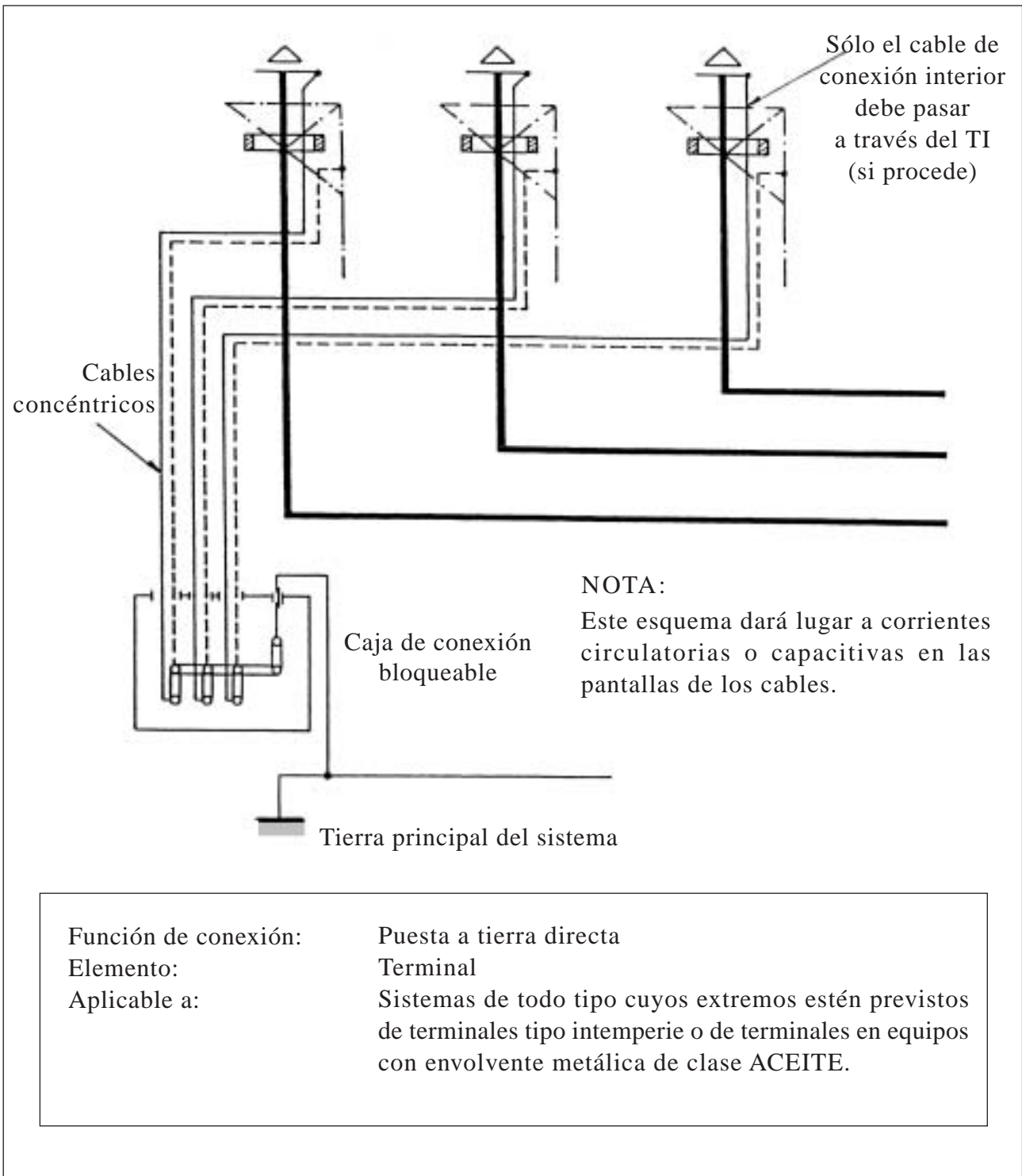


Fig. 15
Esquema de conexión de pantallas en terminales
(Puesta a tierra directa)



4.3.2.2 Circuitos SF6

Esta clase comprende terminales con blindaje metálico cuando no existe ningún transformador entre ellos y un interruptor automático o seccionador maniobrabable. En general estos terminales están sumergidos en SF6.

Para este tipo de terminal es esencial que el aislamiento del seccionamiento de las pantallas esté protegido frente a sobretensiones transitorias durante las operaciones de maniobra, por medio de barras de cortocircuito o LTP, según convenga, conectados directamente entre ambos lados de este aislamiento. Normalmente, para obtener una supresión efectiva de las sobretensiones de impulso, deben montarse dos conexiones (siempre que sea posible) de este tipo separadas unos 180° alrededor de la circunferencia del terminal⁽⁷⁾. Cada conexión, incluidas las de los LTP si los hay, deberá ser lo más corta posible y en ningún caso deberá exceder los 0,5 m. Deberán estar sujetas por tornillos a las partes metálicas adyacentes para poder retirarlos para las pruebas de aislamiento de pantalla (ver 6.6).

- (a) La clase SF6₁ se refiere a terminales puestos a tierra en que la conexión a tierra de la blindada está próxima a los terminales de los cables. En este caso, el aislamiento de seccionamiento deberá estar cortocircuitado mediante puentes conectados directamente a ambos lados del aislamiento, como muestra la Fig. 10. Si los transformadores de corriente no están alojados dentro del conjunto con blindaje metálico de la subestación, hay que emplear la conexión SF6₂.
- (b) La clase SF6₂ se refiere a terminales puestos a tierra en que la conexión a tierra de la blindada está alejada de los terminales de los cables. En este caso, el aislamiento de seccionamiento deberá estar protegido mediante LTP, como muestra la Fig. 11.
- (c) La clase SF6₃ se refiere a terminales no puestos a tierra. El aislamiento de seccionamiento de los terminales se ha de proteger mediante LTP, como muestra la Fig. 12.

⁽⁷⁾ En estas condiciones no hay impedancia entre el interruptor y el cable y se pueden presentar descargas con frentes de onda muy acusados. La frecuencia del impulso es muy alta y la longitud de onda corta. Para mantener el nivel de protección del cable es necesario reducir al mínimo la distancia entre el LTP y la pantalla y dividir la longitud del aislamiento de seccionamiento de pantalla colocando dos LTP o barras de unión en paralelo.

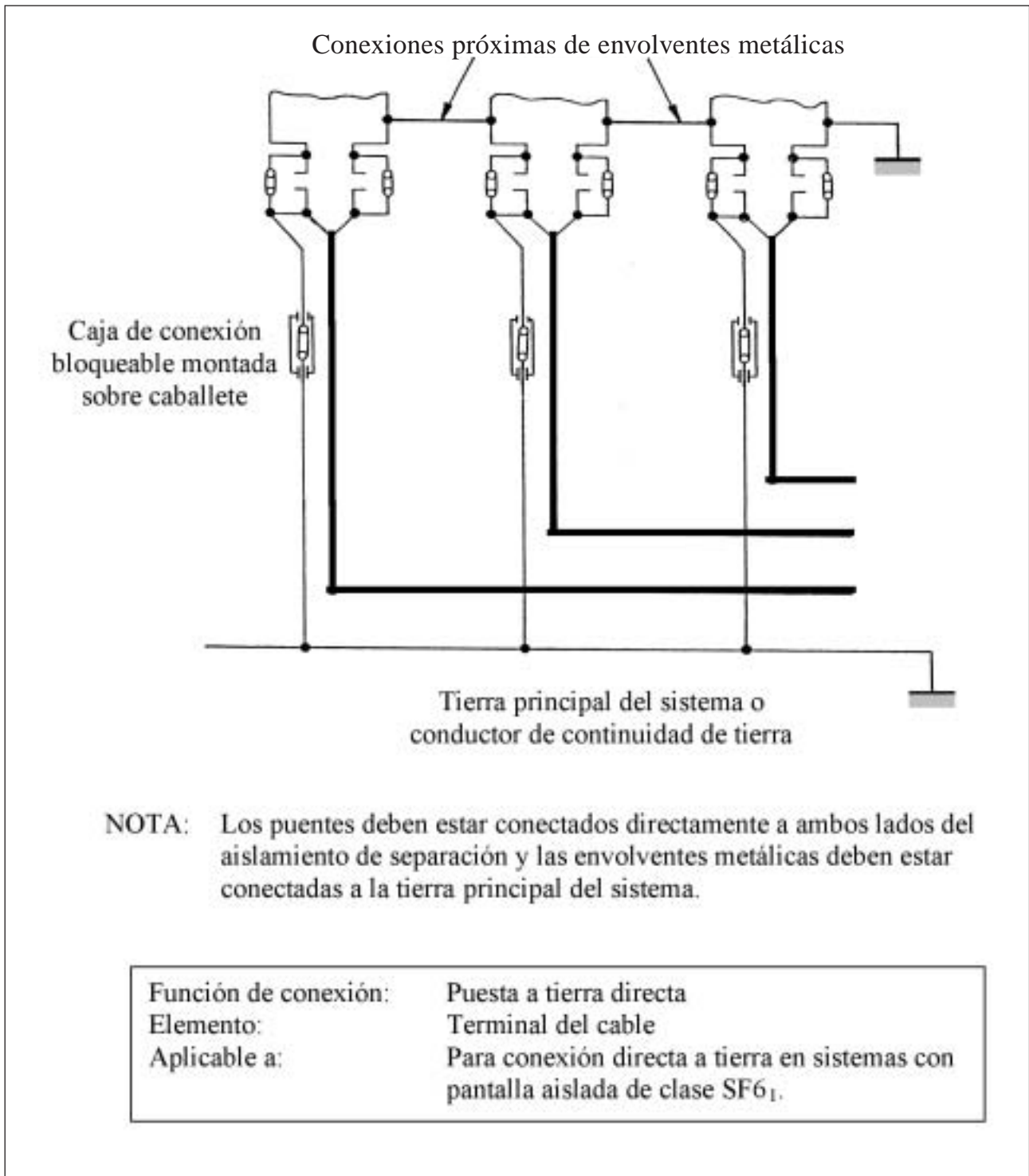
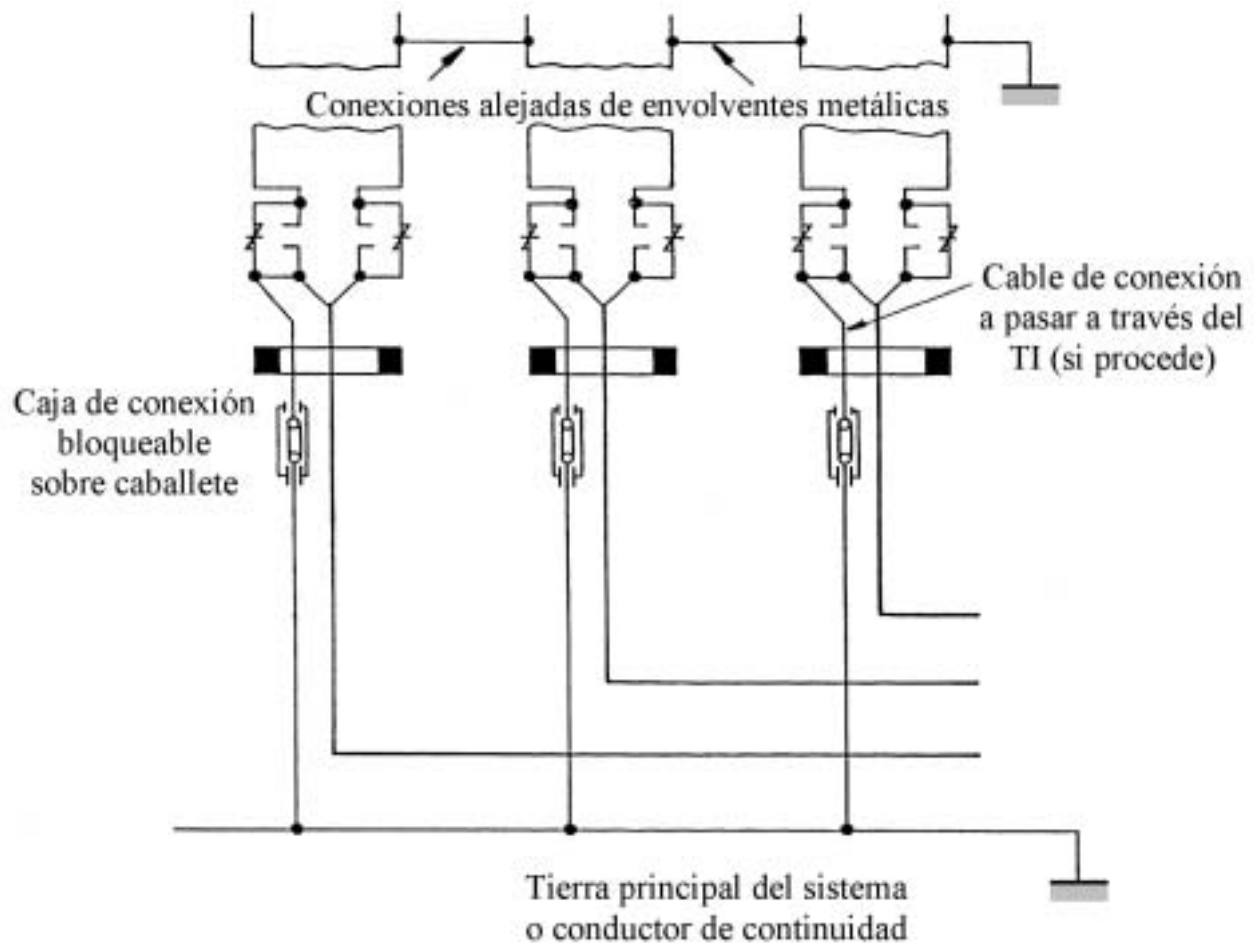


Fig. 10
Esquema de conexión de pantallas en terminales
(Puesta a tierra directa)



NOTA: Los LTP deben estar conectados directamente a ambos lados del aislamiento de separación y las envolventes metálicas deben estar conectadas a la tierra principal del sistema.

Función de conexión:	Puesta a tierra directa
Elemento:	Terminal del cable
Aplicable a:	Conexión directa a tierra en sistemas con pantalla aislada de clase SF6 ₂ .

Fig. 11
Esquema de conexión de pantallas en terminales
(Puesta a tierra directa)

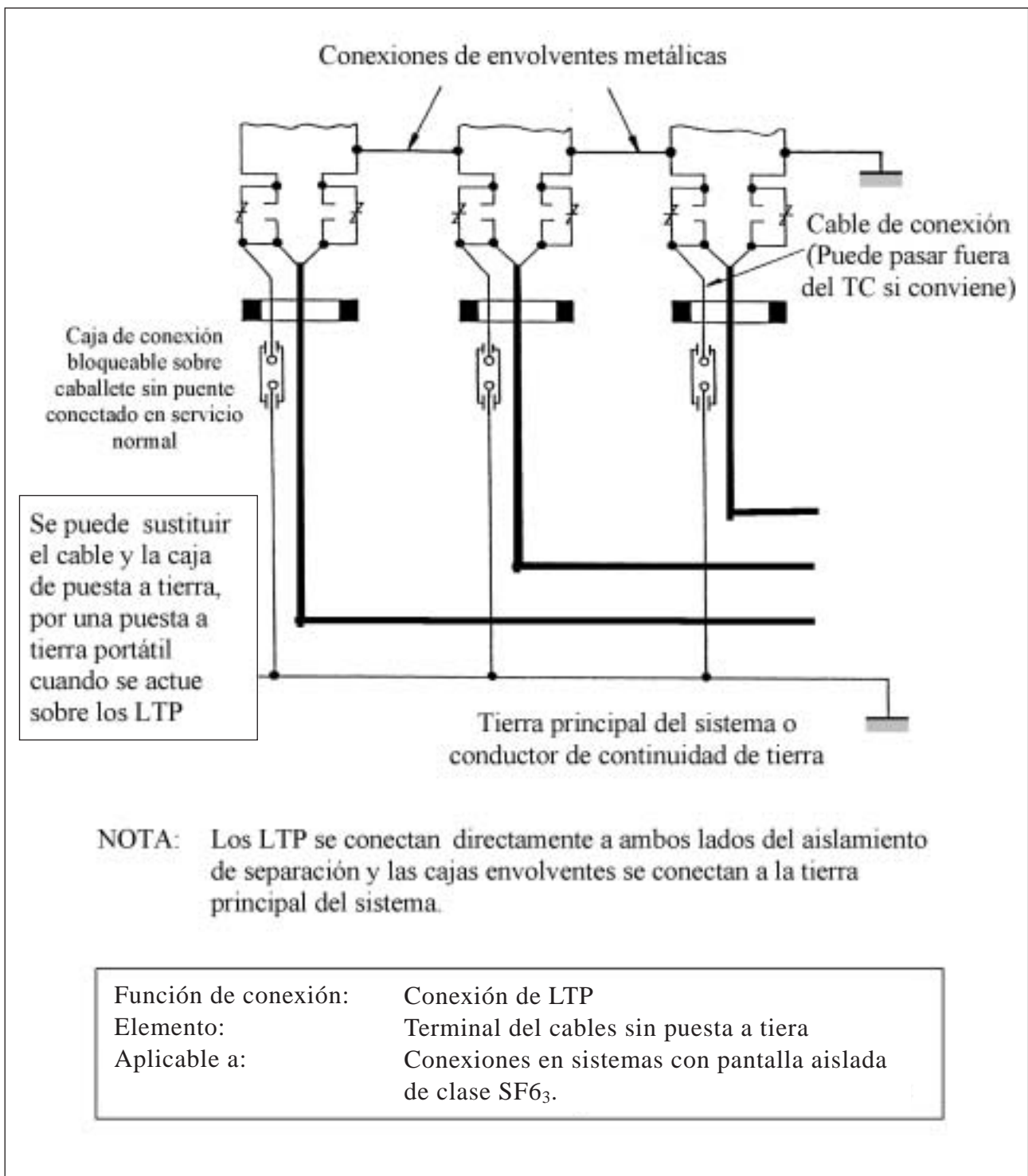


Fig. 12
Esquemas de conexión de pantalla en terminales con envolvente metálico
(No puestas a tierra)

4.3.3 Esquemas de conexión con transformadores de intensidad

Cuando se instalan transformadores de intensidad adyacentes a los terminales, los esquemas de conexión serán normalmente los descritos en la correspondiente figura. Cuando el cable de conexión es concéntrico, como en la Fig 15, esto entraña una parte del cable donde se separan los dos conductores, y el esquema de conexión experimenta una reducción de su eficacia en la limitación de la tensión transitoria.⁽⁸⁾

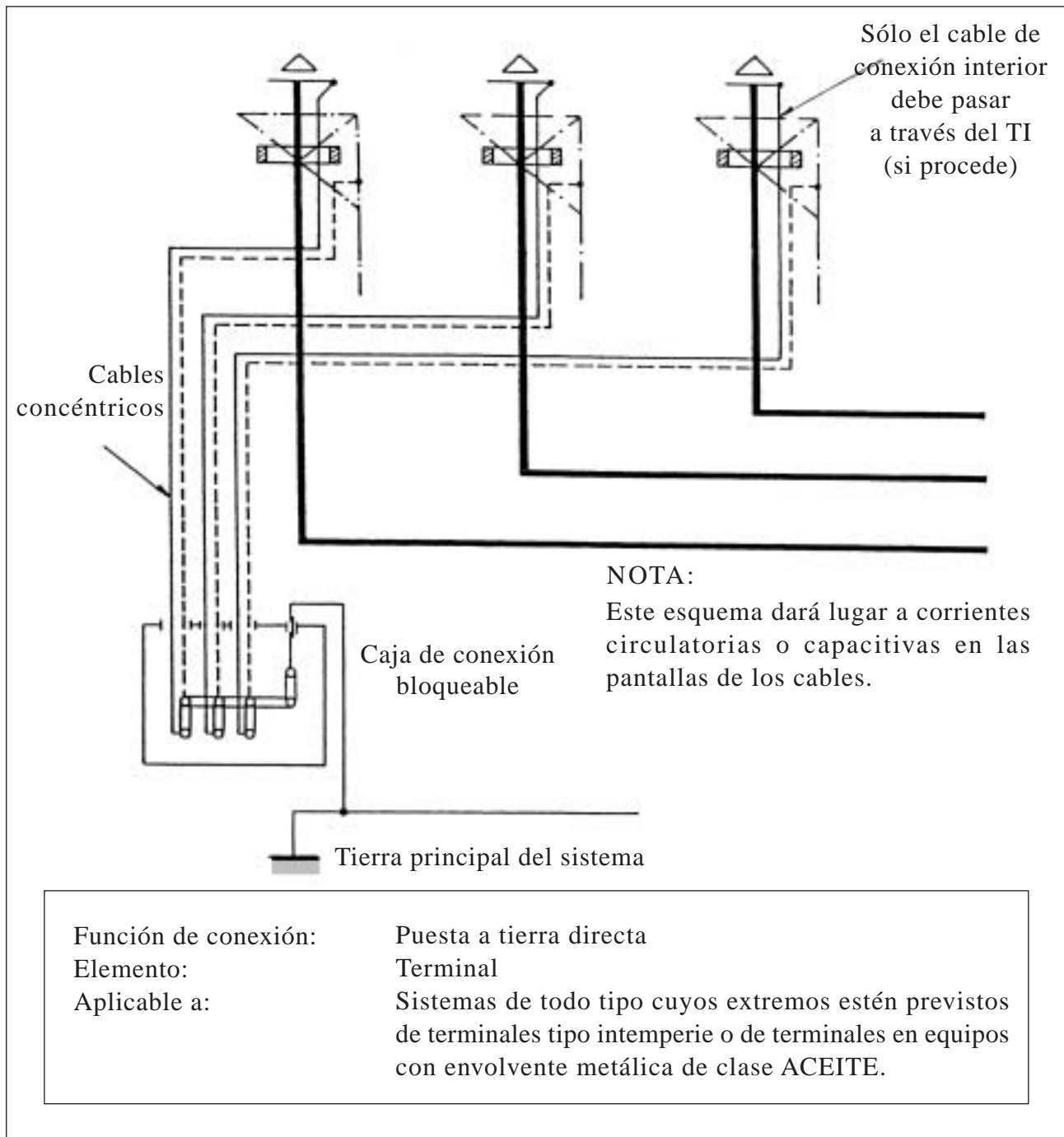


Fig. 15
Esquemas de conexión de pantalla en terminaciones
(Puesta a tierra directa)

⁽⁸⁾ Al separar los dos conductores aumenta la inductancia del circuito y la caída de tensión en este punto.



4.3.4 Aislamiento del blindaje metálico de los terminales

Cualquier tubería de aceite o de gas que penetre en el terminal deberá conectarse a través de manguitos o latiguillos de aislamiento, de tal forma que pueda estar puesta a tierra permanentemente mientras se dejan las pantallas de los cables aisladas respecto a tierra.

Cuando la tensión permanente de pantalla en un terminal sobrepase los 10 V, las partes metálicas de la base del terminal blindado deberán estar apantalladas contra contactos accidentales mediante una protección aislante adecuada.

4.4 EMPALMES

Deben observarse las siguientes condiciones:

4.4.1 Aislamiento externo

Las cajas de empalme y los cables de conexión deberán estar aislados externamente de tal forma que permitan la realización sobre el terreno de las pruebas de rigidez a tensión continua de la cubierta del cable.

4.4.2 Empalmes sin seccionamiento de pantalla

Cualquier empalme instalado donde no se precise seccionamiento de pantalla, tendrá continuidad metálica directa entre las pantallas de dos cables que acceden al empalme.

Los empalmes con seccionamiento de pantalla (ver 4.4.3) pueden ser adaptados para usarse como empalmes sin seccionamiento si se le añaden conectores cortos que puenteen de forma directa y permanente el aislamiento de seccionamiento. Tales conectores estarán integrados dentro del aislamiento externo general de la caja de empalme.

4.4.3 Empalmes con seccionamiento de pantalla

Cualquier empalme instalado donde se requiera seccionamiento de pantalla deberá incorporar una parte aislante y estar dispuesto de forma que proporcione los niveles de aislamiento necesarios tanto a tierra, como entre pantallas, de los cables que acceden al empalme.

Todos los empalmes con seccionamiento de pantalla deberán estar dispuestos de forma que acomoden los cables de conexión concéntricos (ver 4.2). Los elementos de conexión estarán situados lo más cercanos posible al aislamiento del seccionamiento de pantallas.

Cuando un sistema de cable con pantalla aislada tenga que ser conectado a un sistema de cable de pantalla no aislada, el empalme deberá ser del tipo con seccionamiento de pantalla (ver Fig. 16).

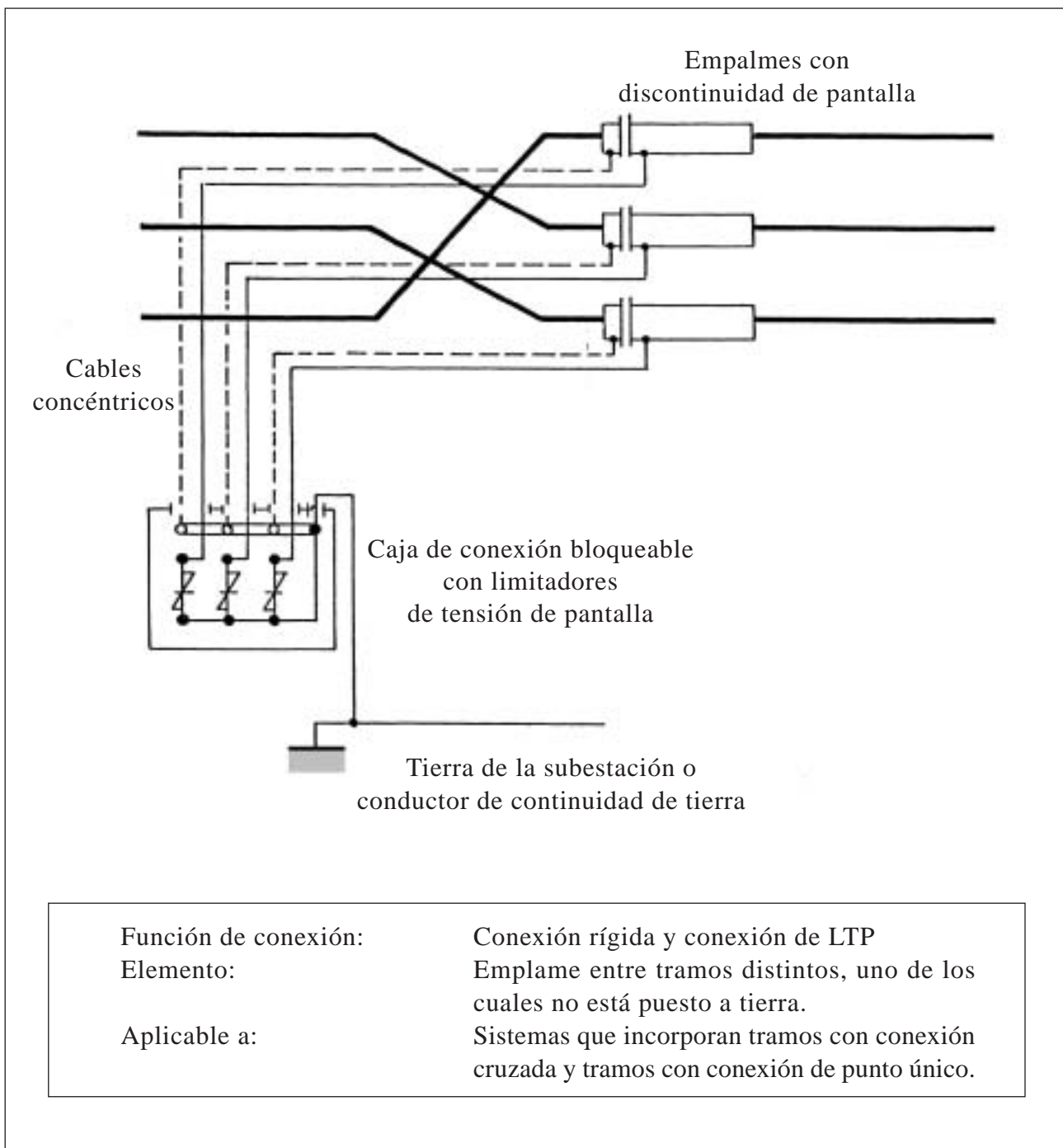


Fig. 16
Empalme entre un sistema con conexión a tierra
y un sistema con pantalla aislada en este punto

Cuando la longitud total de un sistema de cables con conexión rígida de pantalla aislada sea grande, puede ser conveniente, para facilitar la localización y la reparación de posibles defectos en la cubierta del cable, subdividir el sistema en dos o más tramos. Tal subdivisión podrá conseguirse con la inclusión de uno o más grupos de empalmes con seccionamiento de pantalla.



4.4.4 Empalmes al aire

El aislamiento externo de cualquier empalme que vaya a ser instalado al aire deberá ser idéntico al del empalme enterrado. El aislamiento no se puede conseguir en base a distancias en el aire.

4.5 DISPOSITIVOS LIMITADORES DE SOBRETENSIÓN.

4.5.1 Aplicación

Para minimizar las sobretensiones transitorias en las pantallas de los cables, deben instalarse limitadores de tensión de pantalla (LTP) en:

- En los empalmes de cruzamiento de pantalla y en los terminales no puestos a tierra de tramos con conexión de punto único.
- En terminales no puestos a tierra, conectados directamente a equipo con blindaje metálico del tipo definido en 4.3.2.2. Debería evitarse en lo posible el uso de LTP en estos puntos, mediante la adopción de una disposición alternativa de conexión y de puesta a tierra.
- En los terminales no puestos a tierra de todos los demás tipos.
- En ciertas circunstancias puede ser necesario instalar LTP en terminales puestos a tierra cuando están instalados en equipo con blindaje metálico (ver 4.3.2.2).

Las Figs. 12, 16, 17, 18 y 19 muestran estas aplicaciones.

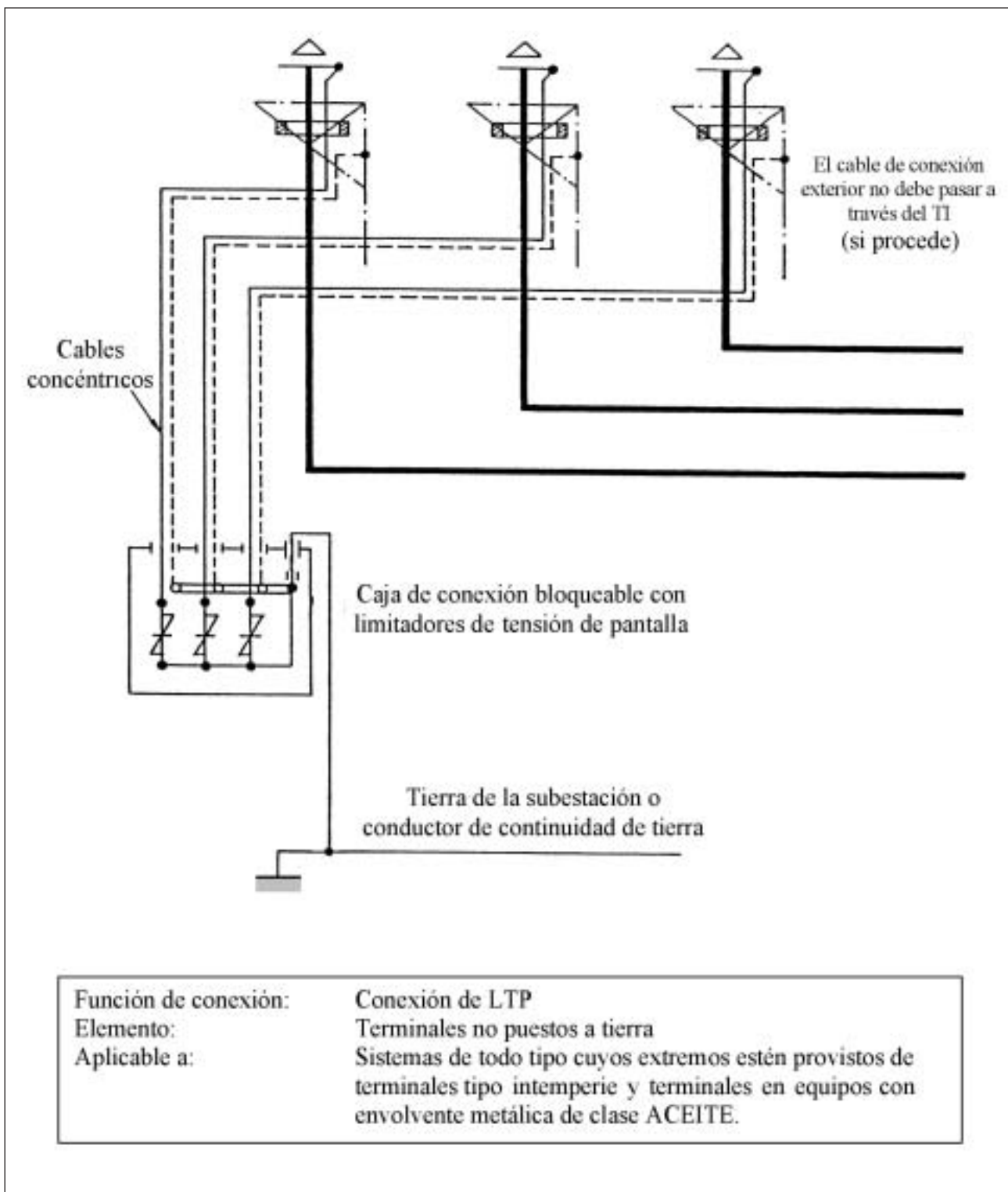


Fig. 17
Esquema de conexión de pantallas en terminaciones
(No puesta a tierra)

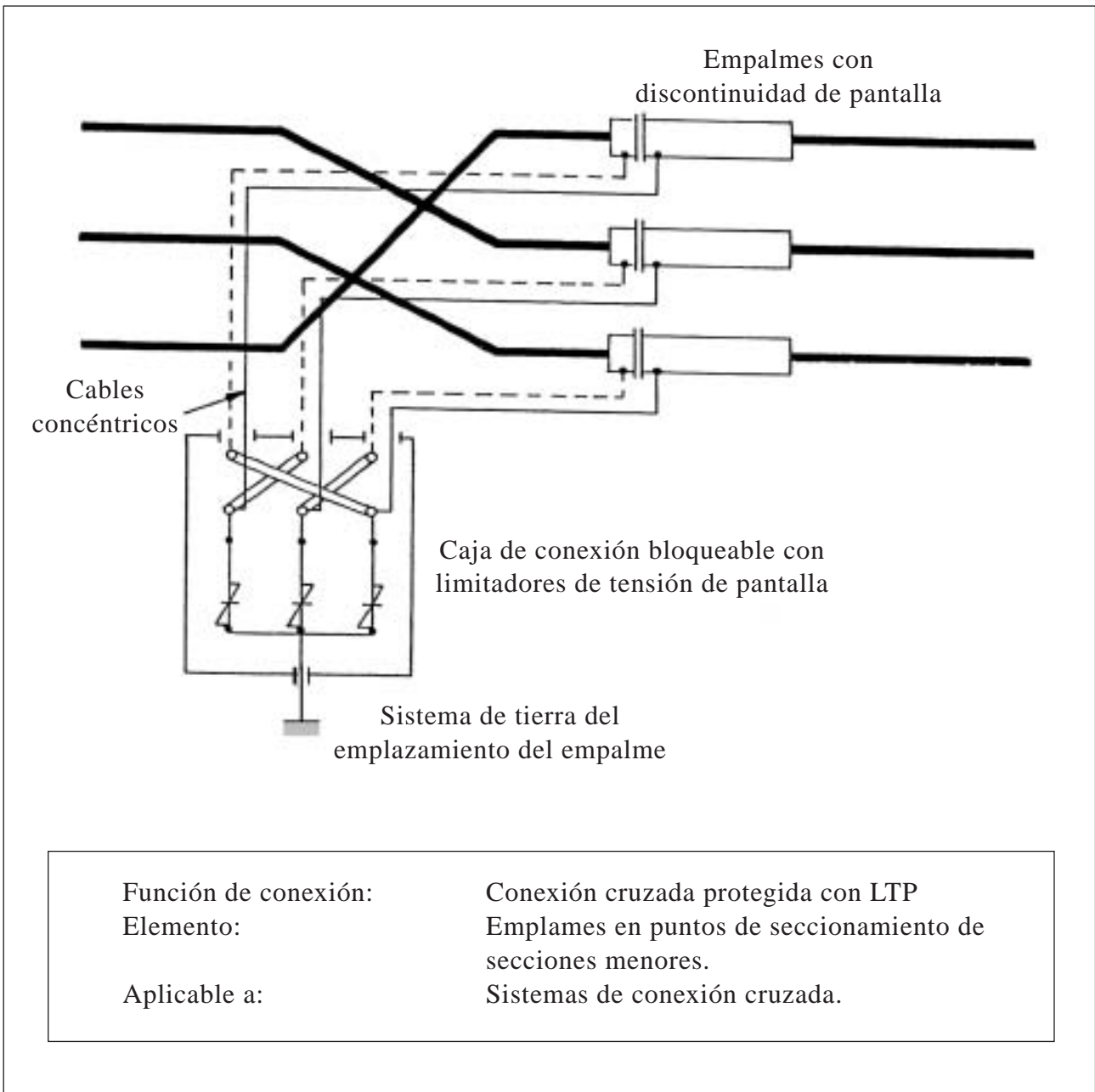


Fig. 18
 Esquema de conexión de pantallas en empalmes de cruzamiento
 en sistemas con conexión cruzada

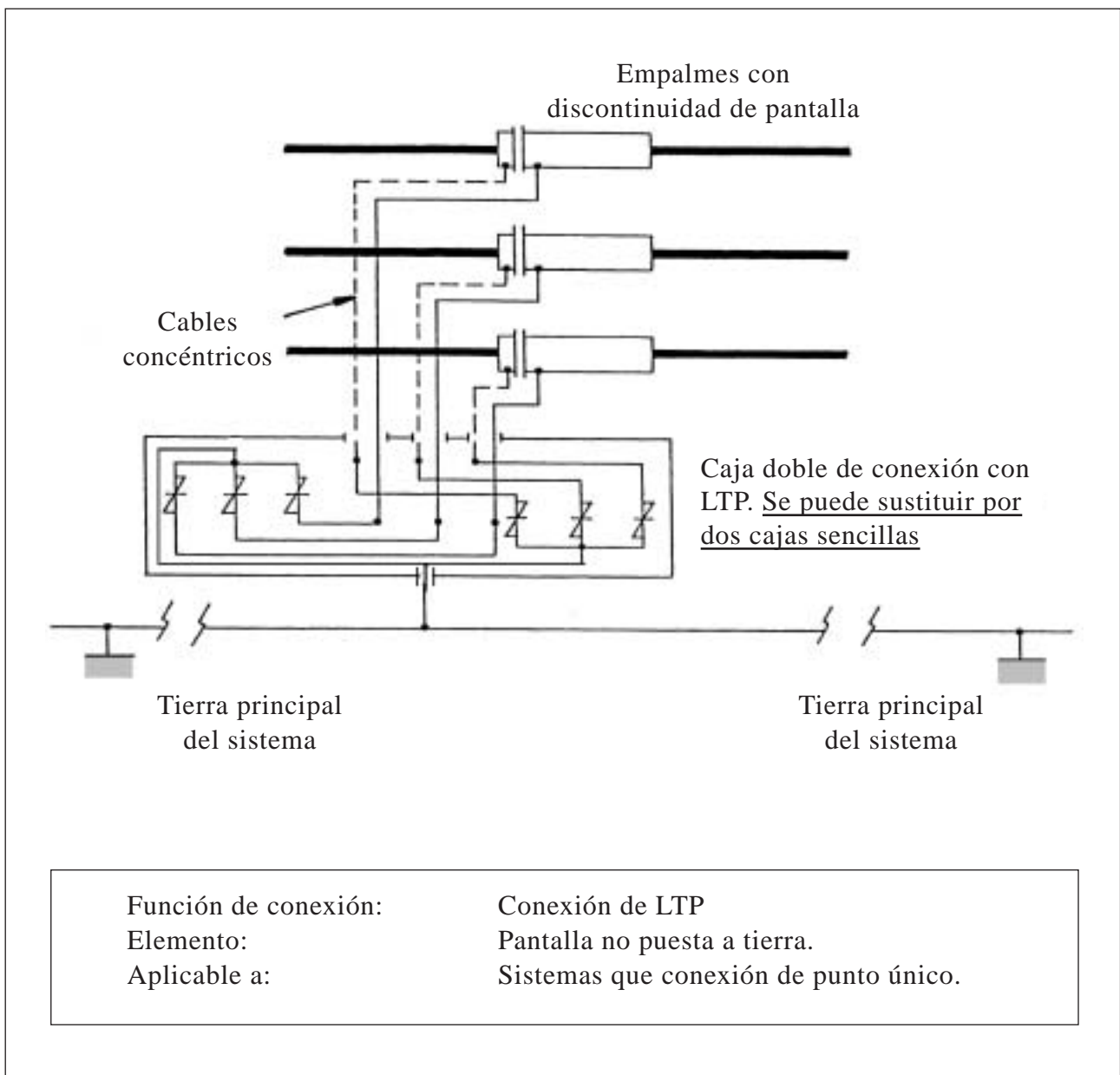


Fig. 19
Esquema de conexión de pantallas en empalmes de interrupción de pantalla sin puesta a tierra entre tramos con conexión de punto único

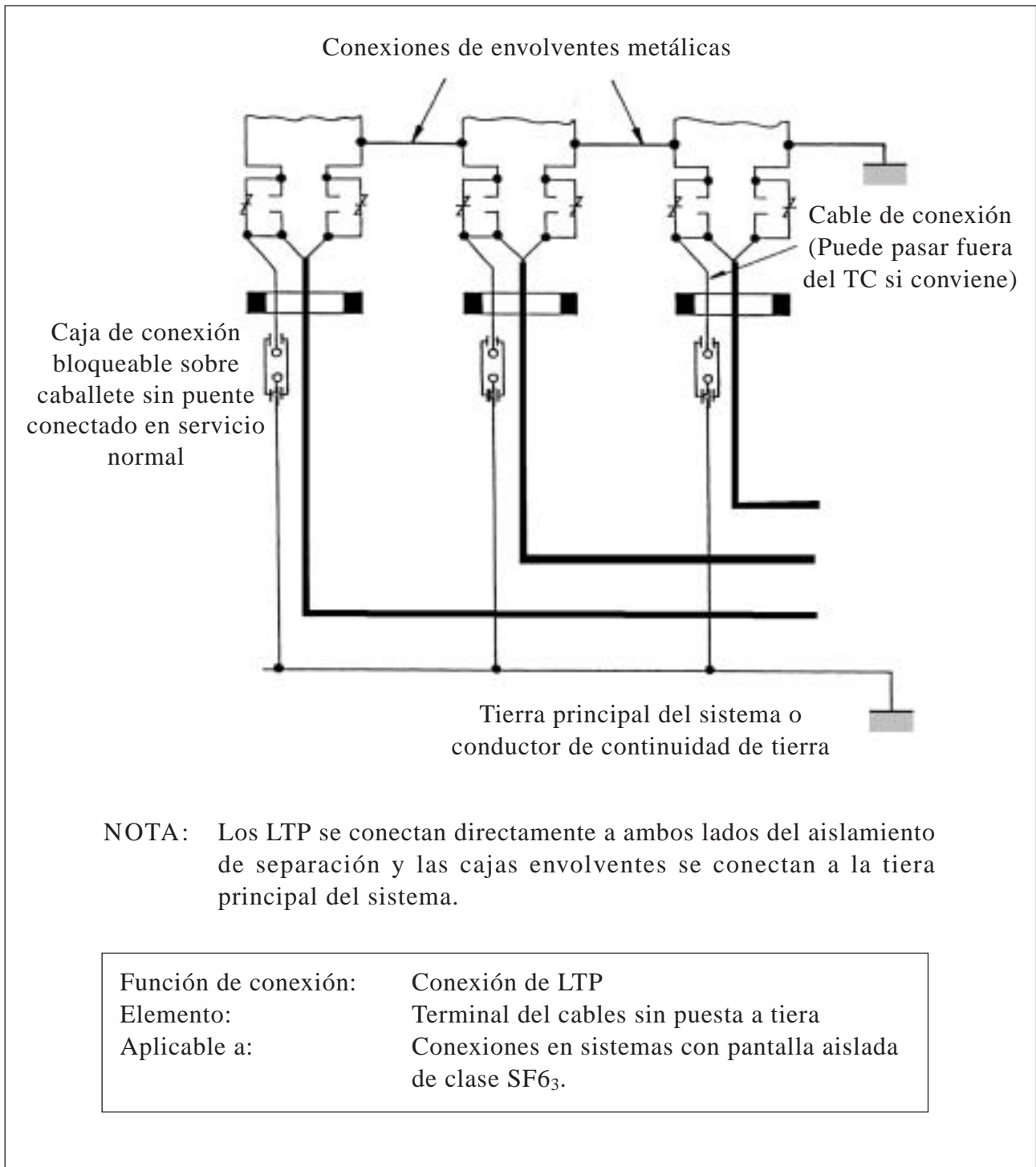


Fig. 12
Esquemas de conexión de pantalla en terminales con envoltorio metálico
(No puestas a tierra)

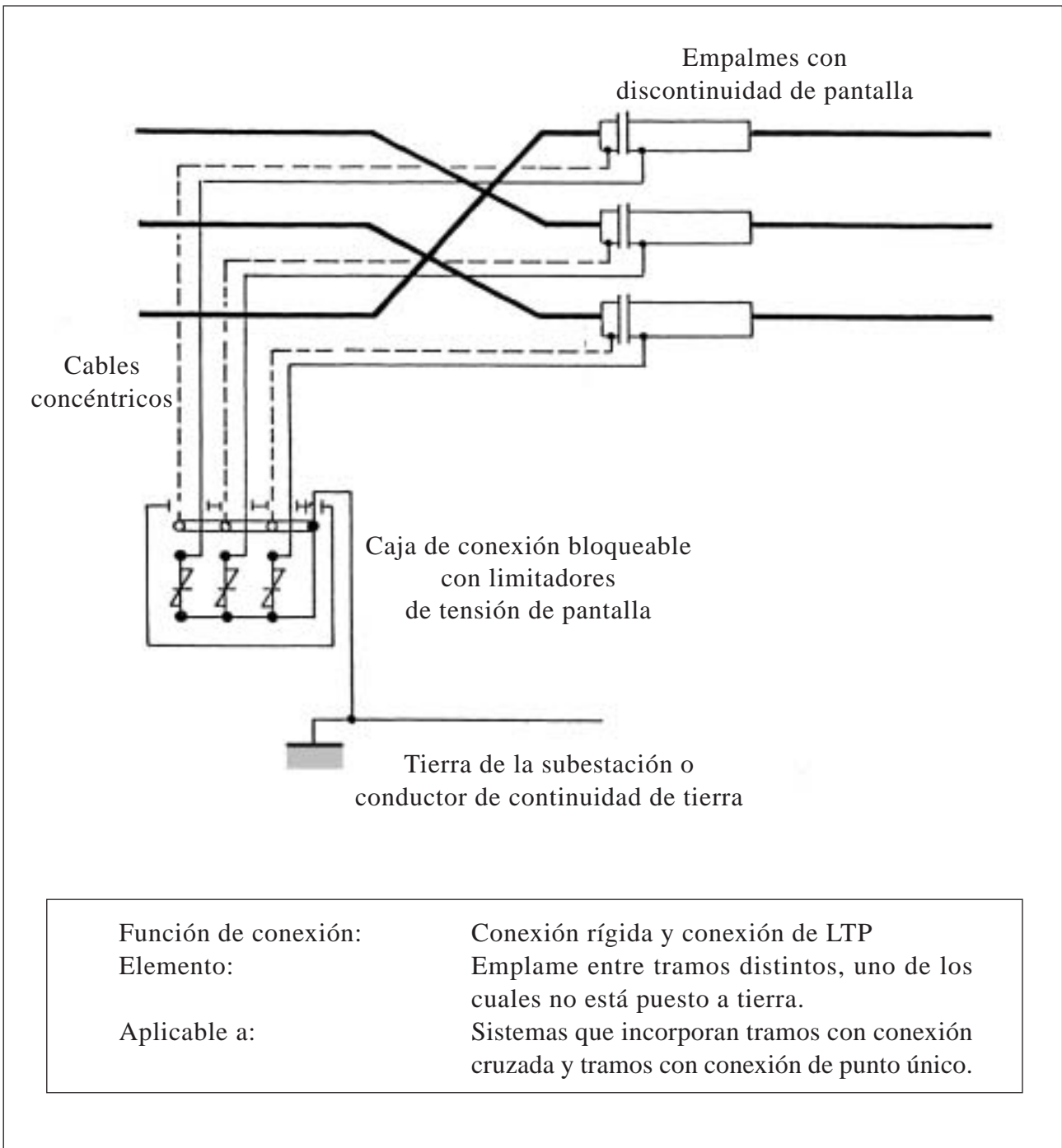


Fig. 16
Empalme entre un sistema con conexión a tierra
y un sistema con pantalla aislada en este punto



4.5.2 Condiciones de funcionamiento

Las unidades deben ser capaces de soportar las situaciones que se detallan a continuación, ya descritas en el apartado 1.2.5 de la presente Recomendación.

- (1) Las unidades deben ser capaces de soportar continuamente la tensión permanente de pantalla inducida por la corriente de carga nominal.
- (2) Las unidades deben ser capaces de soportar durante un período de 1 segundo cada vez, dos aplicaciones en sucesión rápida de su tensión nominal (a frecuencia industrial), la cual no debe ser menor que la tensión de pantalla inducida bajo condiciones de c.c. externo a la línea.
- (3) Las unidades deben ser capaces de soportar las tensiones transitorias y las correspondientes corrientes a que se ven sometidas en condiciones anormales del sistema; es decir, en maniobras de rutina, en descargas atmosféricas nominales, en sobretensiones de maniobra nominales, o durante una corriente de cortocircuito de valor nominal. Sin embargo se acepta que ocasionalmente las unidades no sean capaces de soportar las condiciones a que se les somete en caso de defecto interno en el sistema de cables (ver 4.1).
- (4) Las unidades deben ser capaces de limitar las tensiones transitorias a que se las somete (tensión de pico residual), a no más que la tensión de impulso admisible en el recinto de conexión entre enlaces y tierra (ver 6.3). Si la tensión de pico residual excede el valor de 20 kV, puede ser necesario revisar los niveles de aislamiento de la cubierta del cable y de la protección del empalme.

Las unidades que se usen para proteger el aislamiento de seccionamiento de los terminales puestos a tierra en equipos con blindaje metálico deberán cumplir sólo las condiciones (3) y (4).

4.5.3 Puesta a tierra

La conexión a tierra de los dispositivos LTP se efectuará teniendo en cuenta lo indicado en el apartado 2.3 de esta Recomendación.

4.5.4 Instalación de LTP

Cuando se instalen en recintos con envolvente metálica o en aisladores de exterior, directamente al aire, serán encapsulados y resistentes a la intemperie. Los LTP deberán instalarse de forma que puedan ser desconectados fácilmente.



5. CIRCUITOS MÚLTIPLES

Una instalación puede contener dos o más ternos de cables unipolares. Para que el conjunto pueda considerarse como una sola línea (varios conductores por fase) a los efectos de esta recomendación, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- El recorrido será idéntico para todos los ternos, así como sus distancias relativas.
- Todos los ternos tendrán el mismo esquema de conexión de pantallas.
- Todos los ternos deberán conectarse a tierra en los mismos puntos de su recorrido y a los mismos puntos de la red de tierra.
- Todos los ternos deberán estar conectadas rígidamente en paralelo en AT en ambos extremos, sin interposición de aparataje.
- Deberá ser imposible dejar fuera de servicio alguno de los ternos y mantener los demás en servicio.

En estas condiciones, podrán ser comunes a todos los ternos el conductor de continuidad, las cajas o recintos de conexión y las cajas o recintos de alojamiento de dispositivos limitadores de sobretensión.

Cuando no se cumpla alguna de las condiciones indicadas y, en particular, cuando se trate de circuitos proyectados como independientes, no deberán existir elementos comunes en los circuitos de pantallas de los diferentes ternos.



6. ENSAYOS

6.1 AISLAMIENTO EXTERNO DE LOS EMPALMES.

La caja de protección del empalme ha de resistir ensayos de resistencia mecánica, inmersión en 1m de columna de agua y 20 ciclos de calentamiento y enfriamiento, seguidos por ensayos de tensión continua de 20 kV durante 1 minuto y ensayos de impulso entre extremos de pantallas y entre cada pantalla y tierra como se indica en la tabla siguiente. s/ IEC 60840 Anexo H ó IEC 62067 Anexo D

Tabla 2A

Ensayos de impulsos con onda nominal de 1/50 μ s s/ IEC 60230		
Tensión del sistema	Cajas de empalme	
	Entre conectores	Entre conectores y tierra
kV	kV _p	kV _p
66	60	30
132	75	37,5
275	95	47,5
400	125	62,5

6.2 ESTANQUEIDAD AL AGUA DE LAS CAJAS DE CONEXIÓN ENTERRADAS

Las cajas de conexión enterradas para instalación por debajo del nivel del suelo deberán estar sometidas a una prueba de tipo de estanqueidad al agua.

Las cajas de conexión con pequeñas longitudes de cables de enlace conectados deben sumergirse en agua hasta una profundidad no menor de 1 m respecto al punto más elevado de la caja o deberán someterse a una sobrepresión externa de 0,1 bar durante un período de 7 días. La caja de conexión deberá estar construida de forma que resista esta prueba sin daño ni fuga. Se admite, al final del ensayo, la aparición de pequeñas gotas de agua en el interior de la caja que en su conjunto no se consideran perjudiciales para la vida ni para el funcionamiento de la caja de conexión.

6.3 AISLAMIENTO INTERNO DE LOS RECINTOS DE CONEXIÓN

Los recintos de conexión serán capaces de soportar pruebas de tipo de:

- Tensión de impulso (forma de onda nominal de 1/50 microsegundos s/ IEC 60230) tres positivos y tres negativos de 35 kV_p entre fases y de 17,5 kV_p entre fases y tierra.
- Tensión continua de 25 kV durante 5 minutos entre fases y entre fases y tierra.



6.4 CABLES DE CONEXIÓN

Los cables de conexión se deben someter a ensayos de rutina de acuerdo con HD 603, excepto en lo relativo a las tensiones de ensayo que deberán ser las siguientes:

Tabla 2B

Descripción	Tensión de ensayo	
	Prueba de rigidez en seco chispómetro kV c.a	Ensayo de tensión sobre cables acabados kV
Aislamiento de cables unipolares	20	25 c.c. 1 minuto
Aislamiento interior de cables concéntricos de 120 mm ² , 240 mm ² y 300 mm ²	25	15 c.a. 5 minutos
Aislamiento interior de cables concéntricos de 500 mm ²	30	20 c.a. 5 minutos
Aislamiento exterior de cables concéntricos	20	25 c.c. 1 minuto



6.5 LIMITADORES DE TENSIÓN DE PANTALLA

Los ensayos de rutina y de mantenimiento sobre conjuntos acabados serán los siguientes:

Unidades de óxido de zinc

La tensión de ensayo en c.a. 50Hz deberá ajustarse para que dé una intensidad de ensayo *de cresta* de 1,6 mA y la tensión medida debe estar dentro de la gama que se da a continuación.

Tipo de limitador	Tensión de cresta (kV)	Tensión de cresta/ $\sqrt{2}$ (kV)
CPA-03	5,05 ÷ 5,56	3,57 ÷ 3,93
CPA-06	10,10 ÷ 11,12	7,14 ÷ 7,86

En los ensayos de instalación acabada el examen visual debe mostrar que los cables de enlace y la superficie externa de la unidad o del contenedor, están libres de protuberancias importantes o de otras señales de deterioro.

- (a) Resistencias de aislamiento internas para recintos de LTP con cables de tierra.

La resistencia entre los cables de tierra y cualquier envoltura metálica no deberá ser menor de 10 M Ω medidos con un megaóhmmetro de 1000 V.



6.6 CIRCUITOS COMPLETOS UNA VEZ INSTALADOS

- (a) Después de la instalación de un circuito completo se realizarán ensayos para asegurar que la pantalla y el aislamiento de seccionamiento de la pantalla en todos los puntos es capaz de soportar una prueba de rigidez a tensión continua de 10 kV durante 1 minuto. Durante la ejecución de tales ensayos deberán desconectarse los LTP.

Además se han de comprobar las conexiones y la puesta a tierra de las pantallas.

- (b) Se recomienda que a intervalos anuales se ensaye la integridad del aislamiento pantalla-tierra a una tensión continua de 5 kV durante 1 minuto. Al mismo tiempo deberán comprobarse los LTP de acuerdo con el Punto 6.5.
- (c) Si se presenta un defecto interno en un sistema de cable con conexión especial, deberán realizarse los ensayos a que se refiere el apartado (b) anterior y deberá comprobarse la continuidad del camino metálico pantalla-tierra antes de volver a poner el cable en servicio.
- (d) Después de la instalación deberá realizarse una medición de la resistencia de todos los contactos de los cables de enlace de las pantallas en cada caja o armario de conexión, con un micróhmetro digital. La resistencia de contacto no debe ser mayor de 20 $\mu\Omega$.

La resistencia de contacto de las conexiones de los LTP en las cajas o armarios debe medirse de forma similar y no debe ser mayor de 50 $\mu\Omega$.

Cuando sea posible debería medirse de forma similar la resistencia de contacto del cable de tierra externo, que no debería ser mayor de 50 $\mu\Omega$.

Nota

Si por un sistema de cable con conexión especial ha circulado una corriente de defecto se recomienda que a la primera oportunidad que se tenga se comprueben la integridad del aislamiento pantalla-tierra, la integridad de los cables de conexión y las características de los LTP.



Tabla 1A

CONSTRUCCIÓN DE LOS CABLES UNIPOLARES DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

Tensión del sistema asociado	30 hasta 66 kV		132 kV		275 kV		400 kV					
Sección nominal del conductor	120 mm ²		240 mm ²		300 mm ²		500 mm ²					
Dimensiones (mm)	Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro	
		Min	Max		Min	Max		Min	Max		Min	Max
Conductor		12,8	13,3		17,8	18,7		20,2	21,0		26,4	28,0
Aisl XLPE + Cub PVC	1,2+1,5	18,2	19,7	1,7+1,7	24,6	26,6	1,8+1,8	27,4	29,6	2,2+2,0	35,3	38,1

Tabla 1B

CONSTRUCCIÓN DE LOS CABLES CONCÉNTRICOS DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

Tensión del sistema asociado	30 hasta 66 kV		132 kV		275 kV		400 kV					
Sección nominal del conductor	120* mm ²		240 mm ²		300 mm ²		500 mm ²					
Dimensiones (mm)	Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro		Espesor	Diámetro	
		Min	Max		Min	Max		Min	Max		Min	Max
Conductor central		12,8	13,3		17,8	18,7		20,2	21,0		26,4	28,0
Aisl XLPE + Cub interior PVC	1,2+2,0	19,2	20,7	1,7+1,0	23,4	25,3	1,8+1,0	25,8	27,9	2,2+3,0	36,8	39,7
Conductor concéntrico		24,4	26,4		33,6	36,3		36,0	38,9		47,4	51,2
Cubierta exterior PE	1,8	28,4	30,7	1,8	37,6	40,6	2,1	40,6	43,8	2,4	52,6	56,8

*También para conexiones de sistemas de 132kV y 275kV no sometidas a la corriente de cortocircuito, por ejemplo conexiones a LTP.



7. CONEXIÓN A TIERRA DE LOS PARARRAYOS

7.1. INTRODUCCIÓN.

El objeto de este capítulo es determinar como deben conectarse a tierra los pararrayos en circuitos de alta tensión.

Las puestas a tierra están normalizadas por el reglamento de subestaciones MIE RAT 13 “Instalaciones de puesta a tierra” del “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”. En resumen este reglamento dice:

- **En una instalación no puede haber un punto accesible en tensión que pueda dañar a las personas, sea en condiciones de funcionamiento normal o en cortocircuito. Por consiguiente cualquier cable que conduzca corriente ha de estar aislado.**
- **Los cables del circuito de puesta a tierra que conectan los electrodos, han de ser desnudos, resistentes a la corrosión y visibles preferentemente.**
- **Los descargadores se han de conectar a la tierra del accesorio que protegen.**
- **Los circuitos de tierra han de ser rectos sin curvas forzadas y lo más cortos posibles.**

La conexión a tierra de pararrayos (cable aislado o conductor desnudo) no está determinada. No hay ningún motivo para emplear uno u otro tipo de conductor.

Suponemos el caso de un pararrayos en lo alto de un apoyo. La conexión a tierra se puede hacer con un cable aislado o con un conductor desnudo, y de hecho se hace de las dos formas según decida el cliente. Tener en cuenta que:

- **Es preferible emplear un cable aislado, que está del lado de la seguridad.**
- **En cualquier caso el cliente puede tomar cualquier decisión sin que afecte a la seguridad del circuito.**
- **Podemos optar por un cable desnudo, unido eléctrica y mecánicamente al apoyo a tramos cortos, que no tendrá problemas de perforación de aislamiento en caso de un impulso importante.**



7.2. UNIÓN AL CIRCUITO DE TIERRA.

La unión de las diferentes puestas a tierra indicadas (puesta a tierra directa, puesta a tierra del descargador, puesta a tierra de los pararrayos) se hará de la siguiente forma:

El cable de puesta a tierra de pararrayos puede ser único para los tres pararrayos de un circuito.

No se puede emplear el mismo cable para pararrayos de distintos circuitos.

La conexión a tierra se hará al cable de tierra indicado por el cliente. Los elementos de conexión han de ser aptos para la sección del conductor conectado. En la documentación de final de obra se ha de indicar donde se realiza la conexión de cada circuito.

CENTRAL

Casanova, 150 - 08036 BARCELONA
Tel.: +34 93 227 97 00 - Fax: +34 93 227 97 22
info@generalcable.es

ZONAS IBERIA**ANDALUCÍA**

Averroes, 6, Edificio Eurosevilla, 4º, 7º
41020 SEVILLA
Tel.: +34 95 499 95 18 - Fax: +34 95 451 10 13
delegacionandalucia@generalcable.es
Málaga
Tel. Móvil: +34 626 014 918 - Fax: +34 95 225 99 12
astecchini@generalcable.es

CENTRO

Ávila, Badajoz, Cáceres, Ciudad Real,
Guadalajara, Madrid, Segovia y Toledo
Avda. Ciudad de Barcelona, 81 A, 4º A - 28007 MADRID
Tel.: +34 91 309 66 20 - Fax: +34 91 309 66 30
delegacioncentro@generalcable.es
Burgos, León, Palencia, Salamanca, Valladolid y Zamora
Tel. Móvil: +34 609 154 594 - Fax: +34 983 24 96 32
aastorgano@generalcable.es

LEVANTE

Albacete, Comunidad Valenciana, Cuenca y Murcia
Cirilo Amorós, 27 - 6º C - 46004 VALENCIA
Tel.: +34 96 350 92 58 - Fax: +34 96 352 95 53
delegacionlevante@generalcable.es

NORDESTE

Andorra, Aragón, Baleares y Cataluña
Aragón, 177-179, 2º planta - 08011 BARCELONA
Tel.: +34 93 467 85 78 - Fax: +34 93 467 46 97
nordeste@generalcable.es

NORTE

Álava, Asturias, Cantabria y Vizcaya
Juan de Ajuriaguerra, 26 - 48009 BILBAO
Tel.: +34 94 424 51 76 - Fax: +34 94 423 06 67
delegacionnorte@generalcable.es
Guipúzcoa, La Rioja, Navarra, Soria
Tel.: +34 629 34 85 22 - Fax: +34 948 23 46 05
plopez@generalcable.es
Representación GALICIA
BESIGA COMERCIAL, S.L.
Av. Tierno Galván, 112
15178 MAIANCA - OLEIROS (La Coruña)
Tel.: +34 981 61 71 94 - Fax: +34 981 61 74 78
comercial@besiga.com

Representación CANARIAS

Ángel Guerra, 23 - 1º
35003 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Tel.: +34 928 36 11 57 - Fax: +34 928 36 44 73
info@emgg.es

PORTO

R. Gonçalo Cristovão, 312 - 4º B e C
4000-266 PORTO
Tel.: +351 223 392 350 - Fax: +351 223 323 878

ATENCIÓN AL CLIENTE
TEL: +34 932 279 700
FAX: +34 900 210 486
www.generalcable.es

EXPORTACIÓN

Casanova, 150 - 08036 BARCELONA (Spain)
Tel.: + 34 93 227 97 24 - Fax: + 34 93 227 97 19
export@generalcable.es

FACTORÍAS**ABRERA (España)**

Carrer del Metall, 4 (Polígon Can Sucarrats) - 08630 ABRERA (Barcelona)
Tel.: +34 93 773 48 00 - Fax: +34 93 773 48 48

MANLLEU (España)

Ctra. Rusiñol, 63 - 08560 MANLLEU (Barcelona)
Tel.: +34 93 852 02 00 - Fax: +34 93 852 02 22

MONTCADA I REIXAC (España)

Ctra. de Ribas, Km. 13,250 - 08110 MONTCADA I REIXAC (Barcelona)
Tel.: +34 93 227 95 00 - Fax: +34 93 227 95 22

VITORIA (España)

Portal de Bergara, 36 - 01013 VITORIA-GAZTEIZ
Tel.: +34 945 261 100 - Fax: +34 945 267 146 - marketing@ecn.es - www.ecn.es

MONTEREAU (Francia)

SILEC CABLE - Rue de Varennes Prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX (France)
Tel.: +33 (0) 1 60 57 30 00 - Fax: +33 (0) 1 60 57 30 15
contact@sileccable.com - www.sileccable.com

MORELENA (Portugal)

Av. Marquês de Pombal, 36-38 Morelena - 2715-055 PÉRO PINHEIRO (Portugal)
Tel.: +351 219 678 500 - Fax: +351 219 271 942

NORDENHAM (Alemania)

NSW - Kabelstraße 9-11 - D-26954 NORDENHAM (Alemania)
Tel.: +49 4731 82 0 - Fax: +49 4731 82 1301 - info@nsw.com - www.nsw.com

BISKRA (Argelia)

ENICAB - Zone Industrielle - B.P. 131 07000 RP BISKRA (Algérie)
Tel.: +213 033 75 43 21/22 - Fax: +213 033 74 15 19 - info@generalcable.dz

LUANDA (Angola)

CONDEL - Fábrica de Condutores Eléctricos de Angola, SARL
5º Av Nº 9, Zona Industrial do Cazenga, Caixa Postal nº 3043 LUANDA (Angola)
Tel.: +244 2 380076/7/8/9/17 - Fax +244 2 33 78 12 - condel@snet.co.ao

INTERNACIONAL**ABU DHABI**

P.O. Box No. 112478 - Next Showroom Building - Nazda Street, ABU DHABI (UAE)
Tel.: +971-2- 6338991 - Fax: +971-2- 6338993 - akhanka@generalcable-uk.com

ARGELIA

ENICAB
Centre Commercial de L'Egtc local nº A21 - 170 Rue, Hassiba Ben Bouali El Hamma
016000 ALGER - Telf: +213 021 67 61 73 - Fax: +213 021 67 61 75 - info@enicab.dz

NORUEGA

Randemveien 17 - 1540 VESTBY (Norway)
Tel.: +47 64955900 - Fax: +47 64955910 - firmapost@generalcable.no

REINO UNIDO

Regus House, Herons Way, Chester Business Park,
CH4 9QR CHESTER (United Kingdom)
Tel.: +44 1244 893 245 - Fax: +44 1244 893 101 - aribeiro@generalcable-uk.com

RUSIA

Azovskaya str., 13 - (Russia) MOSCOW
Tel.: +7 495 617 0005 - Fax: +7 495 617 0006 - info@generalcable-ru.com

AGENCIAS**ARGENTINA**

Francisco Beiró 1490 - Florida Este 1602 - BUENOS AIRES (Argentina)
Tel.: +54 11 4760 6088 - Fax: +54 11 4761 0251 - e-mail: info@generalcable-ar.com

FRANCIA

DOMEX Cabling s.a.s - 43, rue de Vincennes - 93100 MONTREUIL (France)
Tel.: +33 1 60 62 51 45 - Fax: +33 1 60 62 51 49 - manuel.dorado@wanadoo.fr

ITALIA

Salvaneschi E.e.R.&C.S.A. - Via Pelizza da Volpedo, 20
20092 CINISELLO BALSAMO - MILANO (Italy)
Tel.: +39 02 660 49494 - Fax: +39 02 660 49489 - rsalvaneschi@generalcable-it.com