



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

K.44

(02/2000)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS
INTERFERENCIAS

**Pruebas de inmunidad de los equipos
de telecomunicaciones expuestos a
las sobretensiones y sobrecorrientes –
Recomendación básica**

Recomendación UIT-T K.44

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIÓN UIT-T K.44

PRUEBAS DE INMUNIDAD DE LOS EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES EXPUESTOS A LAS SOBRETENSIONES Y SOBRECORRIENTES – RECOMENDACIÓN BÁSICA

Resumen

La presente Recomendación tiene por objeto establecer criterios y métodos de prueba fundamentales sobre la inmunidad de los equipos de telecomunicaciones en relación con las sobretensiones y sobrecorrientes.

Las sobretensiones y sobrecorrientes a que se refiere esta Recomendación incluyen las descargas debidas al rayo en las líneas o cerca de ellas, la inducción de corta duración por tensiones alternas procedentes de líneas de energía o sistemas ferroviarios electrificados adyacentes, el aumento del potencial de tierra debido a fallos del sistema de energía y los contactos directos entre líneas de comunicación y líneas de energía.

Orígenes

La Recomendación UIT-T K.44 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 5 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 25 de febrero de 2000.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias.....	1
3	Definiciones y abreviaturas.....	2
3.1	Definiciones	2
3.2	Abreviaturas.....	5
3.3	Símbolos	5
4	Condiciones de sobretensión y sobrecorriente.....	6
5	Requisitos de inmunidad (básicos y mejorados).....	6
5.1	Requisito de inmunidad básico	6
5.2	Requisitos de inmunidad mejorados	6
6	Frontera de equipo	6
7	Condiciones de prueba.....	7
8	Coordinación de la protección	8
8.1	Generalidades.....	8
8.2	Rayo	8
8.3	Inducción debida a líneas de energía, aumentos del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía	9
8.4	Protector de prueba especial	9
8.4.1	Protector de tipo conmutación.....	9
8.4.2	Protector de tipo fijador de nivel.....	9
8.4.3	Módulos multietapas.....	9
9	Criterios de aceptación.....	9
10	Pruebas.....	10
10.1	Puerto de par simétrico	12
10.1.1	Tensión inducida por el rayo	12
10.1.2	Corriente inducida por el rayo	12
10.1.3	Caída de tensión por el hilo de puesta a tierra.....	12
10.1.4	Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	12
10.1.5	Pruebas relativas al contacto con líneas de energía	13
10.2	Puerto coaxial	13
10.2.1	Tensión inducida por el rayo	13
10.2.2	Corriente inducida por el rayo	13
10.2.3	Corrientes inducidas por el rayo en el blindaje.....	13
10.2.4	Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	13

	Página
10.3 Puertos de alimentación de energía especializados c.c. y c.a.....	13
10.3.1 Tensión inducida por el rayo	13
10.3.2 Corriente inducida por el rayo	13
10.3.3 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	13
10.3.4 Contacto con líneas de alimentación de energía.....	13
10.4 Puerto de alimentación c.a.	13
10.4.1 Tensión inducida por el rayo	13
10.4.2 Corriente inducida por el rayo	14
10.4.3 Elevación del potencial de tierra.....	14
10.4.4 Elevación del potencial del neutro.....	14
Anexo A – Esquemas de las pruebas	14
A.1 Introducción	14
A.2 Esquemas de los equipos y las pruebas.....	14
A.2.1 Puertos de equipo.....	14
A.2.2 Esquema de la prueba	15
A.3 Generadores de prueba.....	16
A.4 Generación de forma de onda	18
A.5 Circuitos de prueba que incluyen elementos de acoplamiento, desacoplamiento y redes de energía.....	18
A.5.1 Puertos de pares simétricos.....	19
A.5.2 Puertos coaxiales	19
A.5.3 Puertos de alimentación de energía especializada c.a. o c.c.	19
A.5.4 Puertos de alimentación de energía de la red.....	19
A.6 Terminaciones.....	19
Apéndice I – Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas.....	32
I.1 Pruebas.....	32
I.1.1 Generalidades	32
I.1.2 Pruebas relativas a las descargas del rayo.....	32
I.1.3 Inducción debida a líneas de energía	39
I.1.4 Contacto con líneas de energía	42
I.1.5 Terminaciones y SPD en los puertos no sometidos a prueba	44
I.1.6 Conexiones de prueba para los equipos puestos a tierra y los equipos no puestos a tierra	46
I.2 Gama de niveles para las pruebas relativas a las descargas del rayo y a la inducción debida a líneas de energía.....	47
I.2.1 Rayo.....	47
I.2.2 Niveles para las pruebas relativas a la inducción debida a las líneas de energía.....	47

	Página
I.3 Relación entre la Recomendación K.44 y otras Recomendaciones genéricas/específicas	48
Apéndice II – Información suplementaria para los fabricantes y operadores	50
II.1 Introducción	50
II.2 Coordinación de la protección primaria.....	50
II.2.1 La protección primaria no funciona.....	50
II.2.2 La protección primaria sí funciona	50
II.2.3 Principios de la coordinación	51
II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo	53
II.3.1 Generalidades	53
II.3.2 Caída de tensión por el hilo a tierra del MDF	55
II.3.3 Prueba relativa a la caída de la tensión con respecto a tierra.....	57
II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal .	60
II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro	62
II.5.1 Antecedentes.....	62
II.5.2 Explicación	62

Recomendación K.44

PRUEBAS DE INMUNIDAD DE LOS EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES EXPUESTOS A LAS SOBRETENSIONES Y SOBRECORRIENTES – RECOMENDACIÓN BÁSICA

(Ginebra, 2000)

1 Alcance

Esta Recomendación básica describe las pruebas de inmunidad para todos los equipos de telecomunicación con relación a las sobretensiones y sobrecorrientes, para uso de los fabricantes y operadores de red.

Se aplica a todos los equipos de telecomunicación conectados a conductores metálicos situados en exteriores o en interiores. Debe leerse junto con las Recomendaciones K.11 y K.39 que abordan los aspectos económicos y técnicos generales de la protección.

Esta Recomendación no especifica niveles de prueba ni criterios de aceptación particulares para equipos específicos.

Los niveles de prueba y los puntos de prueba apropiados figuran en la Recomendación genérica/específica pertinente.

Por consiguiente, esta Recomendación debe utilizarse junto con la Recomendación genérica/específica que aborda los requisitos de inmunidad pertinentes al equipo que debe probarse.

Si una Recomendación genérica/específica o algunas cláusulas de la misma difieren de esta Recomendación básica, se aplica la Recomendación genérica/específica. La actualización de las Recomendaciones específicas debe coordinarse con la Recomendación K.44 y referirse a la misma.

La presente Recomendación presupone que las configuraciones de puesta a tierra y continuidad eléctrica satisfacen la Recomendación apropiada relativa al tipo de instalación.

Las pruebas son pruebas tipo y, aunque son aplicables a un sistema completo, se reconoce que pueden ser aplicadas a elementos individuales de los equipos durante la labor de desarrollo y diseño. Al realizar las pruebas, es necesario tener en cuenta todas las condiciones, ya sea en la unidad sometida a prueba o en otra parte, que puedan afectar a los resultados.

La presente Recomendación no abarca las pruebas ESD para las cuales se debe aplicar la norma CEI 61000-4-2.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

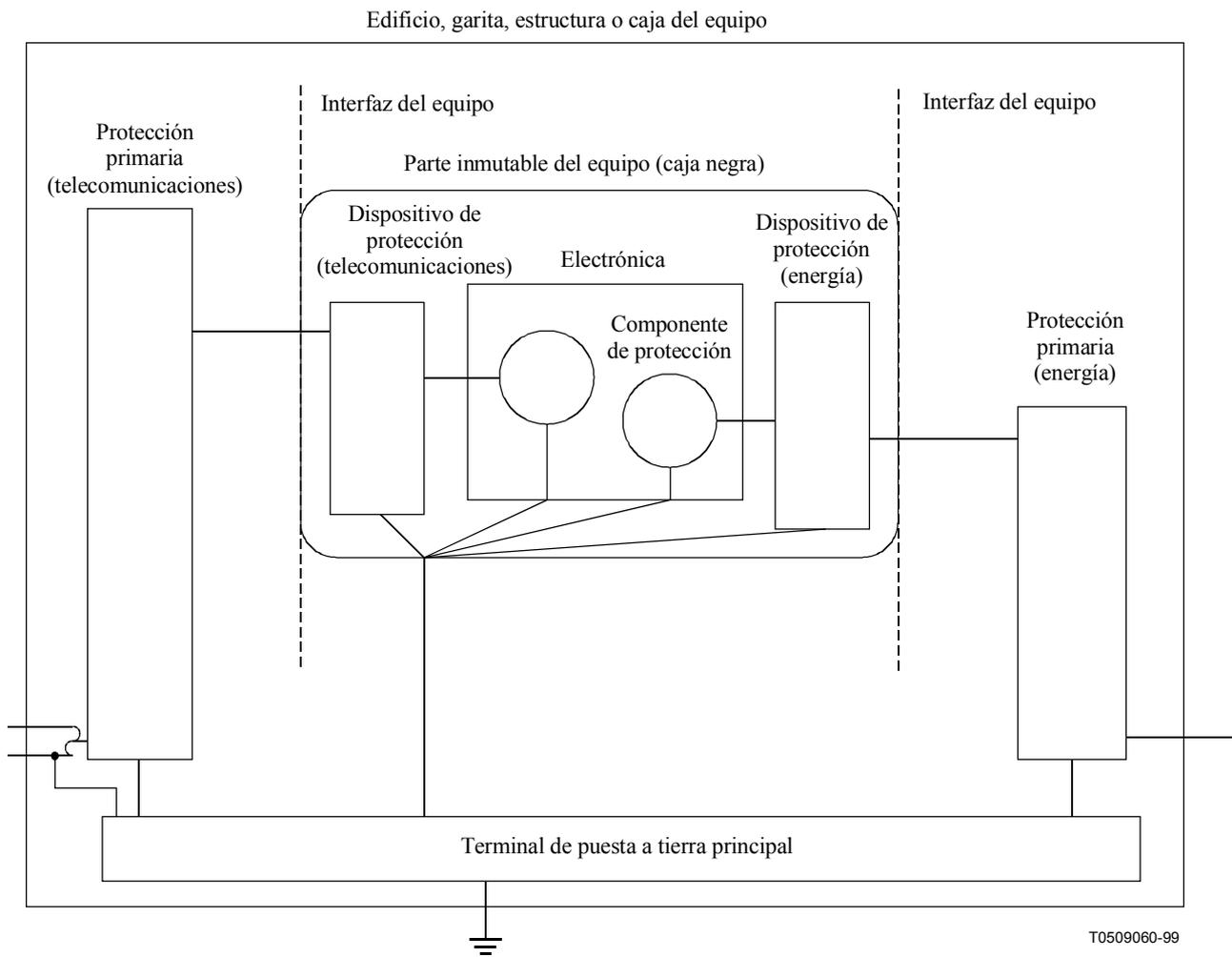
- Recomendación ITU-T K.11 (1993), *Principios de protección contra las sobretensiones y sobrecorrientes*.
- Recomendación ITU-T K.12 (2000), *Características de los descargadores de gas para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones*.

- Recomendación ITU-T K.27 (1996), *Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicación.*
- Recomendación ITU-T K.28 (1993), *Características de las unidades de semiconductores utilizadas para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones.*
- Recomendación ITU-T K.39 (1996), *Evaluación del riesgo de daños en los emplazamientos de telecomunicaciones debido a las descargas del rayo.*
- Recomendación ITU-T K.40 (1996), *Protección contra los impulsos electromagnéticos ocasionados por el rayo en los centros de telecomunicaciones.*
- CEI 60060-1 (1989), *High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements.*
- CEI 61000-4-2 (1999), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*
- CEI 61000-4-5 (1995), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test.*
- CEI 61643-1 (1998), *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods.*

3 Definiciones y abreviaturas

3.1 Definiciones

La figura 1 facilita la comprensión de las distintas definiciones. Indica los elementos asociados con la protección de los equipos que puede haber en una instalación. No se supone que todos estos elementos se utilicen en cada instalación.



NOTA – La disposición de los bloques y de los conductores de continuidad eléctrica dentro del edificio, la garita, la estructura o la caja del equipo tiene por finalidad ayudar a identificarlos, y no implica una disposición física óptima desde el punto de vista de la protección.

Figura 1/K.44 – Ilustración de los elementos de protección

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1.1 inmunidad: La inmunidad a las sobretensiones y sobrecorrientes es la aptitud de los equipos o instalaciones de telecomunicación para resistir a las sobretensiones o sobrecorrientes, hasta un nivel determinado, con o sin daño para el equipo.

NOTA – En la cláusula 9 se exponen los criterios de daño.

3.1.2 dispositivo de protección contra descargas (SPD, surge protective device): Dispositivo cuyo objeto es mitigar las sobretensiones o sobrecorrientes de duración limitada. Puede consistir en un solo componente o tener un diseño más complejo, en el que se integran varias funciones. Incluye por lo menos un componente no lineal.

3.1.3 protección primaria: La protección primaria se aplica utilizando un SPD para proteger una interfaz del equipo, en el sitio en el que impide que la mayor parte de la energía nociva se propague en el equipo. Este SPD debe ser de fácil acceso, poderse quitar y poner y estar conectado al dispositivo de continuidad eléctrica equipotencial.

3.1.4 protección primaria acordada: La protección primaria acordada es un tipo de SPD que se utiliza para proteger el equipo con base en un acuerdo concertado entre el fabricante y el operador de red. La protección primaria acordada puede ser un SPD específico o una gama de SPD que satisfacen

una Recomendación o especificación determinada. La protección primaria acordada puede no existir si se ha acordado que no es necesario utilizar elementos de protección externa para el equipo.

3.1.5 protección inherente: La protección inherente es la que se suministra en una interfaz del equipo, ya sea gracias a sus características intrínsecas, a un diseño específico o a componentes de protección adecuados.

3.1.6 componentes de protección de alta corriente: Un componente de protección de alta corriente es un SPD diseñado para conducir/desviar del circuito que protege la mayor parte de la energía de la descarga. Los componentes de protección de alta corriente se utilizan principalmente como componentes de protección primaria, pero en algunos casos pueden estar integrados en el equipo como protección inherente.

3.1.7 energía específica: La energía específica W_{sp} es una medida de la energía generada por la inducción debida a las líneas de energía o al aumento del potencial de tierra, y es igual a la energía disipada en un resistor de 1Ω . Se define como el cuadrado de la corriente inducida ($I_{c.a.}$) multiplicado por el tiempo t durante el cual circula la corriente:

$$W_{sp} = (I_{c.a.})^2 \times t \quad (3-1)$$

La energía específica de un generador de prueba se determina aplicando un corto circuito al terminal de salida del generador.

3.1.8 elemento de coordinación: Un elemento de coordinación es un elemento situado entre la protección primaria y la protección inherente para evitar que esta última afecte de manera indebida el funcionamiento de la protección primaria.

3.1.9 protector de prueba especial: El protector de prueba especial es un componente o circuito utilizado para reemplazar el protector primario acordado a los efectos de confirmar la coordinación. El protector de prueba especial garantiza que la tensión a la entrada del equipo será más alta durante la prueba que durante el servicio, y proporciona un nivel de garantía de que el equipo estará protegido al añadirse protección primaria.

3.1.10 alimentación de energía especializada: Una alimentación de energía especializada es una alimentación de energía suministrada por un cable especial que sale del edificio.

3.1.11 puertos: Un "puerto" es una interfaz particular del equipo especificado. El equipo puede tener puertos externos e internos. Un puerto externo es un puerto conectado a conductores metálicos que se extienden más allá de los límites del edificio o de la garita. Un puerto interno es un puerto conectado a conductores metálicos que no salen del edificio o de la garita.

3.1.12 coordinación de la protección: El acto de garantizar que todos los elementos de protección, internos y externos con relación al equipo, reaccionen de manera que se limite la cantidad de energía, tensión o corriente a niveles que no ocasionen daños a los elementos de protección o al equipo.

3.1.13 equipo en las instalaciones del cliente (CPE, *customer premises equipment*): Equipo destinado a estar conectado directamente a la terminación de una red de telecomunicaciones pública en una instalación de cliente.

3.1.14 red de acceso (AN, *access network*): Parte de la red global de telecomunicaciones situada entre un centro de telecomunicaciones y el edificio de la instalación del cliente.

3.1.15 red interurbana (TN, *trunk network*): Parte de un sistema de telecomunicaciones situada entre dos centros de telecomunicaciones.

3.1.16 centro de telecomunicaciones: Un centro de telecomunicaciones es una facilidad de telecomunicaciones cuyas puesta a tierra y continuidad eléctrica son conformes a la Recomendación K.27.

3.2 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AN	Red de acceso (<i>access network</i>)
ANE	Equipo de red de acceso (<i>access network equipment</i>)
c.a.	Corriente alterna
c.c.	Corriente continua
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente (<i>customer premises equipment</i>)
dpf	Alimentación de energía especializada (<i>dedicated power feed</i>)
ESD	Descarga electrostática (<i>electrostatic discharge</i>)
EUT	Equipo sometido a prueba (<i>equipment under test</i>)
GDT	Tubo de descarga de gas (<i>gas discharge tube</i>)
LE	Central local (<i>local exchange</i>)
LI	Interfaz de línea (<i>line interface</i>)
LT	Terminación de línea (<i>line termination</i>)
MDF	Repartidor principal (<i>main distribution frame</i>)
MOV	Varistor de óxido metálico (<i>metal oxide varistor</i>)
NT	Terminación de red (<i>network termination</i>)
o/c	Circuito abierto (<i>open circuit</i>)
pfv	Tensión de alimentación (<i>power feeding voltage</i>)
PTC	Resistor de coeficiente de temperatura positivo (<i>positive temperature coefficient resistor</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RSE	Equipo de conmutación a distancia (<i>remote switching equipment</i>)
SPD	Dispositivo de protección contra descargas (<i>surge protective device</i>)
SPD	Dispositivo de protección contra descargas (<i>surge protection device</i>)
SSA	Protector de estado sólido (<i>solid state arrester</i>)
TCE	Equipo de centro de telecomunicación (<i>telecommunication centre equipment</i>)
TN	Red interurbana (<i>trunk network</i>)
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
USB	Bus serial universal (<i>universal serial bus</i>)

3.3 Símbolos

En esta Recomendación se utilizan los siguientes símbolos.

U_c	Tensión de carga c.c. del generador de sobrecargas
$U_{c(máx)}$	Tensión de carga c.c. máxima del generador de sobrecargas
$U_{c.a.(máx)}$	Tensión (abierta) c.a. máxima para las pruebas de tensión c.a.

4 Condiciones de sobretensión y sobrecorriente

Los aspectos de sobretensión o sobrecorriente que abarca la presente Recomendación son los siguientes:

- sobretensiones debidas a las descargas del rayo en la línea o cerca de ella;
- corrientes importantes en el cableado o en los componentes comunes cuando ocurren sobretensiones o sobrecorrientes simultáneamente en varias líneas;
- corrientes importantes que circulan en el equipo cuando los componentes de alta corriente, que eliminan la necesidad de protección primaria, forman parte integrante del equipo;
- inducción a corto plazo de tensiones alternas originada por líneas de energía o sistemas ferroviarios electrificados adyacentes, por lo general cuando hay fallos en esas líneas o sistemas;
- elevación del potencial de tierra a causa de fallos en el sistema de energía;
- contactos directos entre las líneas de telecomunicación y las líneas de energía eléctrica;
- descargas transitorias en las líneas de la red de energía eléctrica;
- diferencia de potencial que puede ocurrir entre un sistema de energía TT o IT y el sistema de telecomunicación.

5 Requisitos de inmunidad (básicos y mejorados)

En el entorno real, el rayo o las líneas de alta tensión tienen influencia sobre las líneas de telecomunicaciones, las líneas de alimentación de energía a distancia (especializadas) y las líneas de energía de la red. En la Recomendación K.11 se describen los diversos grados de influencia y las medidas de protección pertinente. Con relación a la inmunidad de los equipos de telecomunicaciones conectados a conductores metálicos, puede haber diferentes requisitos de inmunidad en diferentes entornos. Corresponde a las Administraciones o a las entidades operadoras de red seleccionar los requisitos de inmunidad apropiados, en las Recomendaciones genéricas o específicas. A fin de reducir el número de diseños de equipo, sólo se recomiendan los requisitos básicos y mejorados.

5.1 Requisito de inmunidad básico

El equipo debe poderse utilizar en entornos poco expuestos, lo que se logra mediante la protección inherente del equipo. Asimismo, el equipo debe poder utilizarse en entornos más expuestos, lo que se logra mediante la protección inherente del equipo y la protección primaria acordada que se añade.

5.2 Requisitos de inmunidad mejorados

Cuando los requisitos de inmunidad básicos no son suficientes debido a condiciones ambientales, reglamentaciones nacionales, consideraciones económicas o técnicas, normas de instalación o necesidades de grado de servicio, los operadores de red pueden solicitar el requisito de inmunidad mejorado.

6 Frontera de equipo

Las variaciones de diferentes tipos de equipo hacen necesario que el equipo se considere como una "caja negra" con varios puertos, a, b, c, d, e, y f, etc., y E [Tierra (*Earth*)]. Es posible que algunos dispositivos de protección ya existan en el equipo, sea en la tarjeta de circuito impreso, etc., o conectados a los puertos. A los efectos de las presentes pruebas, se supone que los fabricantes definen las fronteras de la "caja negra", y que todo dispositivo protector incluido se considera como una parte inmutable del equipo (pequeña central en una garita situada a la calle, multiplexor, CPE, etc.). Cuando en el equipo se utilizan componentes de protección de alta corriente, véase 10.1.1.

Cuando hay un hilo de telecomunicación auxiliar, por ejemplo hacia una extensión, o como tierra de señalización, este hilo debe verse como una continuación del número del terminal que se somete a prueba, por ejemplo a, b, c, d, e, y f, etc., y E para Tierra.

7 Condiciones de prueba

Las condiciones siguientes se aplican a todas las pruebas especificadas en la cláusula 10.

- 1) Todas las pruebas son pruebas tipo y se efectúan en condiciones de laboratorio normalizadas, a menos que se especifique otra cosa en la Recomendación genérica/específica.
- 2) Los puertos en los que han de aplicarse las pruebas del equipo deben ser identificados por el fabricante:
 - a y b, c y d, e y f, etc., para diferentes puertos de pares simétricos individuales;
 - a_1 a a_n y b_1 a b_n , c_1 a c_m y d_1 a d_m , e_1 a e_p y f_1 a f_p , etc., para diferentes puertos de pares simétricos múltiples;
 - interior y exterior para los puertos de cable coaxial;
 - dpf1 y dpf2, etc., para los puertos de alimentación de energía especializada;
 - L1, L2, L3 y N para los puertos de alimentación de energía del sector; y
 - E para Tierra.
- 3) El equipo se probará en todos los estados de funcionamiento de duración significativa.
- 4) En todos los casos en que se especifique una tensión, corriente o energía específica máxima, las pruebas se harán también a valores más bajos, si es necesario, para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para cualquier tensión, corriente o energía específica, hasta el valor máximo especificado.

NOTA – Entre los componentes particulares que deben considerarse durante las pruebas figuran el protector primario, los protectores inherentes de tipo conmutación o repliegue, los PTC y los fusibles.

Cuando se utilicen resistores fusibles, se harán las pruebas a diferentes niveles con el fin de garantizar que se abarca el caso más desfavorable.

- 5) Cada prueba se aplicará el número de veces indicado en la Recomendación genérica o específica. La polaridad de las pruebas de descarga del rayo debe invertirse entre descargas consecutivas. El intervalo de tiempo entre pruebas consecutivas en el mismo puerto debe ser de aproximadamente un minuto. Las pruebas se harán también con intervalos de tiempo más largos, si es necesario, para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para las descargas que ocurren a intervalos que exceden de un minuto. Esto sirve, por ejemplo, para confirmar que el equipo pasa la prueba cuando todas las descargas en los PTC se hacen a temperatura de funcionamiento normal.
- 6) Las pruebas de inducción debida a líneas de energía deben realizarse a las frecuencias del sistema de energía eléctrica o de los sistemas ferroviarios electrificados utilizados en el país correspondiente.
- 7) Puede utilizarse un nuevo componente de protección primaria después de completar cada secuencia de pruebas.
- 8) Los puertos se probarán con un número finito de puertos no probados de tipos iguales y diferentes terminados de manera apropiada, según proceda, para confirmar que el equipo cumple los criterios de aceptación especificados. Las terminaciones para un puerto probado incluyen equipo auxiliar, por ejemplo, LI, LT, NT, CPE, un suministro de energía, un simulador o una terminación pasiva. Si no es necesario que el equipo auxiliar esté conectado para verificar que el EUT resistirá la tensión de prueba, la prueba puede ser ejecutada sin

conectar el equipo auxiliar. Los puertos no probados deben estar terminados, si es necesario probar que el equipo resistirá la tensión de prueba, como si se utilizaran en el servicio real. Cuando pueden ocurrir diferentes terminaciones, por ejemplo, con o sin protección primaria, hay que considerar estas terminaciones. Para simular las condiciones del caso más desfavorable, es posible que haya que dejar los puertos no probados abiertos o conectados juntos con o sin conexión a tierra, según proceda. Para obtener más información el efecto de las terminaciones, véase la subcláusula I.1.5.

- 9) Las tarjetas se probarán en una o varias ranuras, según proceda, para confirmar que el equipo cumple los criterios de aceptación especificados.
- 10) Si una tarjeta tiene dos o más puertos idénticos, sólo es necesario probar uno de ellos para las pruebas de un solo puerto.
- 11) Al aplicar la prueba transversal entre dos terminales, uno de ellos se conectará al generador de descargas y el otro se conectará a tierra. La prueba se repetirá entonces transponiéndolos.

8 Coordinación de la protección

8.1 Generalidades

Para los equipos instalados en un entorno más expuesto, se suele proteger los puertos conectados a conductores metálicos externos con protectores primarios tales como GDT, SSA o MOV. El mejor sitio para colocar la protección primaria es el borde del edificio, la garita o la caja del equipo. Esto no siempre se puede realizar, pero debe hacerse todo lo posible para colocar la protección primaria lo más cerca que se pueda del punto de entrada de los cables en el edificio, la garita o la caja del equipo. Las características de estos SPD primarios satisfarán los requisitos de las Recomendaciones K.12, K.28 o CEI 61643-1.

La coordinación de la protección primaria se requiere para garantizar la compatibilidad del equipo con la protección primaria.

8.2 Rayo

Para que haya coordinación en lo concerniente a la protección contra las descargas del rayo, debe darse lo siguiente:

- La protección inherente dentro del equipo debe dar protección hasta la tensión a la que funciona la protección primaria acordada para tensiones de generador inferiores a la $U_{c(máx)}$ especificada en la Recomendación genérica/específica.
- Entre esta tensión y una tensión de generador de $U_{c(máx)}$ la protección primaria debe funcionar y proteger el equipo.
- El equipo debe cumplir con el criterio especificado en la Recomendación genérica/específica.
- Para comprobar que se ha logrado la coordinación para la protección contra las descargas del rayo, se utiliza un protector de prueba especial en lugar del protector primario durante las pruebas de descarga del rayo, véase 8.4. Este protector de prueba especial debe funcionar para una tensión de generador igual a la $U_{c(máx)}$ especificada en la Recomendación genérica/específica.

8.3 Inducción debida a líneas de energía, aumentos del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía

La protección contra la inducción debida a las líneas de energía y el aumento del potencial de tierra se logra mediante la protección inherente del equipo o en combinación con la protección primaria acordada.

La protección contra los contactos con las líneas de energía se logra mediante la protección inherente del equipo.

La impedancia de entrada con respecto a tierra de las entradas a y b de algunos equipos puede ser baja cuando se activa la protección inherente contra las sobretensiones. En este caso, la tensión en la impedancia con respecto a tierra causada por la corriente que circula durante la inducción debida a las líneas de energía puede ser demasiado baja para activar la protección primaria. Si ésta no es activada, debe prestarse atención al nivel de energía que puede tener que disiparse en el equipo.

8.4 Protector de prueba especial

El protector de prueba especial tendrá un comportamiento similar al del protector primario acordado.

8.4.1 Protector de tipo conmutación

La tensión de funcionamiento c.c. del protector de prueba especial será igual a 1,15 veces la tensión de funcionamiento c.c. máxima especificada, después del valor de la prueba de duración, del protector primario acordado. La tolerancia de esta tensión de actuación es de $\pm 5\%$. Debe también tener un impulso similar a la relación de funcionamiento c.c. del protector primario acordado. El fabricante puede utilizar un protector de prueba especial con una tensión de funcionamiento superior.

8.4.2 Protector de tipo fijador de nivel

La tensión de fijación de nivel del protector de prueba especial será igual a 1,15 veces la tensión de fijación máxima especificada del protector primario acordado. La tolerancia de esta tensión de fijación es de $\pm 5\%$. El fabricante puede utilizar un protector de prueba especial con una tensión de funcionamiento superior.

8.4.3 Módulos multietapas

Cuando la protección primaria es un módulo multietapas, hay que reemplazar la protección primaria por un módulo de prueba especial que utiliza componentes conformes a 8.4.1 y 8.4.2.

9 Criterios de aceptación

Se reconocen dos criterios de aceptación:

- Criterio A – El equipo resistirá a la prueba sin daños u otras perturbaciones (tales como el daño del soporte lógico o el funcionamiento defectuoso de las facilidades de protección contra las averías) y funcionará adecuadamente dentro de los límites especificados después de la prueba. No es necesario que funcione correctamente durante la prueba.
- Criterio B – No habrá riesgo de incendio en el equipo como resultado de las pruebas. Todo daño, si se produce, estará limitado a una pequeña parte del equipo.

10 Pruebas

En el anexo A figuran los generadores de prueba, los circuitos de prueba, los elementos de acoplamiento y desacoplamiento, así como las terminaciones de puerto.

En el apéndice I se exponen algunas consideraciones que justifican las propuestas de prueba. La respuesta del equipo a las descargas puede ser modificada por la impedancia de entrada del mismo. Para explicar este efecto, se incluye en el apéndice I un ejemplo de circuito y niveles de tensión instantánea en diferentes puntos del circuito para mostrar el efecto de la impedancia de entrada. Estos valores se incluyen únicamente a efectos de ilustración y no forman parte de esta Recomendación.

Se consideran los tipos de puerto indicados en el cuadro 1.

Cuadro 1/K.44 – Tipos de puerto

Tipo de puerto	Tipo de prueba	Ejemplo
Par simétrico	Rayo	Interfaz de cliente analógica
	Inducción debida a las líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Interfaz RDSI a velocidad básica Circuitos de alimentación de energía a distancia
	Contacto con líneas de energía	Interfaz xDSL
Cable coaxial	Rayo	Interfaz RDSI a velocidad primaria
	Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	
Alimentación de energía especializada (c.a., c.c.)	Rayo	Interfaz alimentación de energía unidad/terminación de red óptica
	Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	
Alimentación de energía c.a.	Rayo	Alimentación de energía c.a.
	Elevación del potencial de tierra y elevación del potencial del neutro	

En el cuadro 2 figura un resumen de las pruebas aplicables. Los números que figuran en las columnas "Tipo de puerto", por ejemplo 10.1.2, se refieren al número de subcláusula pertinente de la Recomendación K.44 que aborda esta prueba. Las letras "n.a." significan que la prueba no es aplicable. Las palabras "en estudio" significan que el UIT-T está todavía estudiando la prueba. El término "uno solo" o "múltiples" se refiere al número de puertos probados. Para la prueba de un solo puerto, la descarga se aplica a un solo puerto. Para la prueba de múltiples puertos, la descarga se aplica simultáneamente al número de puertos especificado. El encabezamiento y los términos "longitudinal" y "transversal" se refieren a que la descarga se aplique longitudinalmente, es decir, línea a tierra, o en modo común, o transversalmente, es decir línea a línea, línea a blindaje, o en modo diferencial. Hay un encabezamiento para nivel de prueba básico y nivel de prueba mejorado; refiérase a la cláusula 5 para información.

Cuadro 2/K.44 – Pruebas aplicables

Tipo de prueba	N.º de puertos probados simultáneamente	Prueba longitudinal/transversal	Protección primaria	Tipo de puerto			
				Puerto simétrico	Puerto coaxial	Puerto de alimentación de energía especializada	Puerto de alimentación del sector
Tensión inducida por el rayo	Uno solo	Longitudinal	No	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Transversal	No	10.1.1.1	10.2.1 En estudio	10.3.1	10.4.1
		Longitudinal	Sí	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Transversal	Sí	10.1.1.1	10.2.1 En estudio	10.3.1	10.4.1
	Múltiples	Longitudinal	No	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Longitudinal	Sí	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
Corriente inducida por el rayo	Uno solo	Longitudinal	No	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.
		Transversal	No	n.a.	10.2.2 En estudio n.a.	n.a.	n.a.
			Sí	n.a.		n.a.	10.4.2 En estudio
	Múltiples	Longitudinal	Sí	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Longitudinal	Sí	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
Blindaje contra el rayo	Uno solo	Longitudinal	Sí	n.a.	10.2.3 En estudio	n.a.	n.a.
Caída de tensión, hilo de puesta a tierra	Uno solo	Longitudinal	No	10.1.3 En estudio	n.a.	n.a.	n.a.
Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Uno solo	Longitudinal	No	10.1.4	n.a.	10.3.3	10.4.3 En estudio
		Transversal	No	10.1.4	10.2.4 En estudio	10.3.3	
		Longitudinal	Sí	10.1.4	n.a.	10.3.3	
		Transversal	Sí	10.1.4	10.2.4 En estudio	10.3.3	
Elevación del potencial del neutro	Uno solo	Longitudinal	No	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.4
Contacto con líneas de energía	Uno solo	Longitudinal	No	10.1.5	n.a.	10.3.4	n.a.
		Transversal	No	10.1.5	n.a.	10.3.4	n.a.

10.1 Puerto de par simétrico

10.1.1 Tensión inducida por el rayo

Para los equipos con componentes de protección de altas corrientes, que elimina la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y substituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

10.1.1.1 Un solo puerto

La prueba referente al rayo en un solo puerto tiene por objeto comprobar que cada puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a la sobretensión. Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.1.1.2 Múltiples puertos

La prueba de descargas ocasionadas por el rayo en múltiples puertos tiene por objeto comprobar que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad cuando se produce una descarga con sobretensión en n puertos simultáneamente, pudiendo originarse un flujo de alta corriente en un componente común o en una parte del equipo.

El número o porcentaje de puertos que deben probarse simultáneamente debe ser especificado en la Recomendación genérica/específica.

10.1.2 Corriente inducida por el rayo

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay componentes de protección de alta corriente instalados en el equipo para eliminar la necesidad de protección primaria. Esta prueba comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente debe especificarse en la Recomendación genérica/específica.

10.1.3 Caída de tensión por el hilo de puesta a tierra

El UIT-T está examinando la introducción de una prueba de caída de tensión por el hilo de puesta a tierra para simular el efecto de altas corrientes transitorias en los MDF y en el cableado de puesta a tierra asociado, véase el apéndice II, subcláusula II.3.3.

10.1.4 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

Si el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y substituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

10.1.5 Pruebas relativas al contacto con líneas de energía

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.2 Puerto coaxial

El UIT-T está estudiando los requisitos de las pruebas para los puertos de cable coaxial.

10.2.1 Tensión inducida por el rayo

La prueba relativa a la tensión inducida por el rayo tiene por objeto comprobar que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a la sobretensión.

10.2.2 Corriente inducida por el rayo

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay en el equipo componentes de protección de alta corriente para eliminar la necesidad de protección primaria. Esta prueba comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente debe especificarse en la Recomendación genérica/específica.

10.2.3 Corrientes inducidas por el rayo en el blindaje

Este requisito comprueba la aptitud del equipo para transportar las altas corrientes que pueden circular en el blindaje del cable coaxial. Esta prueba debe realizarse en todas las combinaciones de puertos coaxiales y terminales de puesta a tierra.

10.2.4 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra

La prueba de inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra tiene por objeto comprobar que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones.

10.3 Puertos de alimentación de energía especializados c.c. y c.a.

10.3.1 Tensión inducida por el rayo

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.3.2 Corriente inducida por el rayo

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay en el equipo componentes de protección de alta corriente para eliminar la necesidad de protección primaria. Se comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente debe especificarse en la Recomendación genérica/específica.

10.3.3 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.3.4 Contacto con líneas de alimentación de energía

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.4 Puerto de alimentación c.a.

10.4.1 Tensión inducida por el rayo

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

10.4.2 Corriente inducida por el rayo

El UIT-T está estudiando la necesidad de una prueba para comprobar la coordinación del equipo con un protector primario contra las líneas de energía. Esta prueba tiene por objeto comprobar la coordinación bajo la condición de que el rayo golpea directamente el edificio o la línea de alimentación de energía o el cable.

10.4.3 Elevación del potencial de tierra

El UIT-T está estudiando la necesidad de una prueba destinada a comprobar la inmunidad del equipo con relación a la elevación del potencial de tierra que puede ocurrir cuando se produce un fallo por puesta a tierra accidental de alta tensión (HV, *high voltage*) en la subestación que proporciona energía al equipo.

10.4.4 Elevación del potencial del neutro

Esta prueba se aplica únicamente a petición de la entidad operadora de la red cuando el neutro no está conectado a la tierra de protección (es decir, un sistema de alimentación TT o IT). Un ejemplo de dicha configuración se describe en la subcláusula II.5 del apéndice II.

ANEXO A

Esquemas de las pruebas

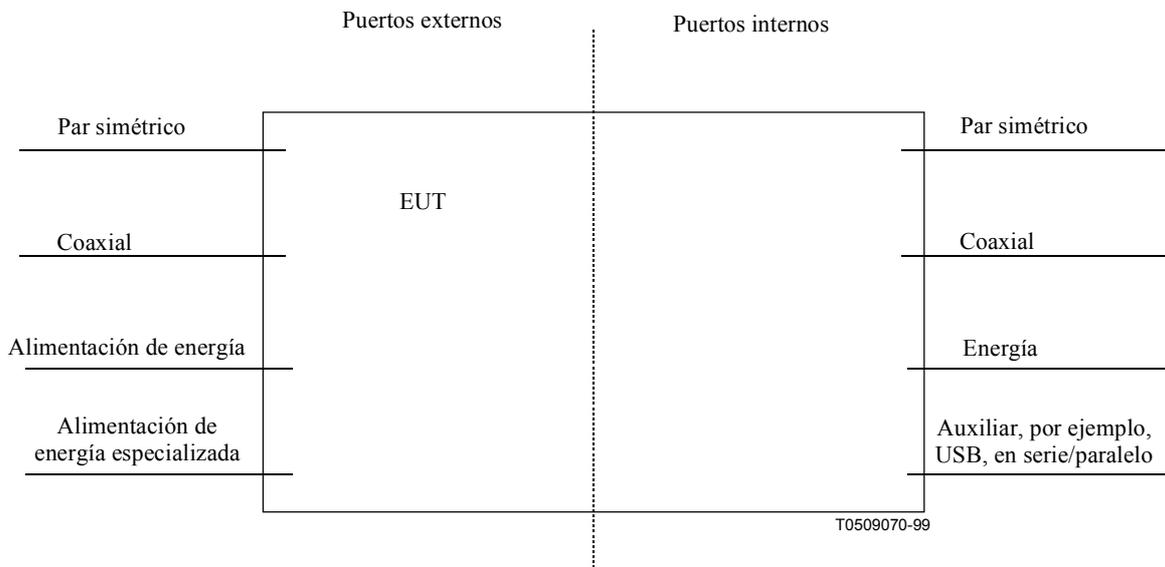
A.1 Introducción

Para garantizar la homogeneidad de las pruebas efectuadas por las empresas que realizan pruebas y los fabricantes, es necesario garantizar que dichas pruebas se llevan a cabo de la misma manera. A continuación se presentan los circuitos de los generadores, los circuitos de acoplamiento, desacoplamiento y alimentación, la terminación de los puertos no sometidos a prueba y la conexión con el equipo sometido a prueba (EUT, *equipment under test*).

A.2 Esquemas de los equipos y las pruebas

A.2.1 Puertos de equipo

En la figura A.2-1 se indican los posibles puertos de un equipo.



NOTA 1 – No es necesario probar todos los puertos, pero éstos pueden tener que estar provistos de una terminación.

NOTA 2 – En esta figura los "puertos externos" son los puertos conectados a los cables que salen del edificio, y los "puertos internos" son los puertos conectados a los cables que permanecen dentro del edificio.

Figura A.2-1/K.44 – Puertos de equipo

A.2.2 Esquema de la prueba

El generador de sobrecargas, los elementos de alimentación, acoplamiento y desacoplamiento, así como el EUT, están conectados como se indica en la figura A.2-2.

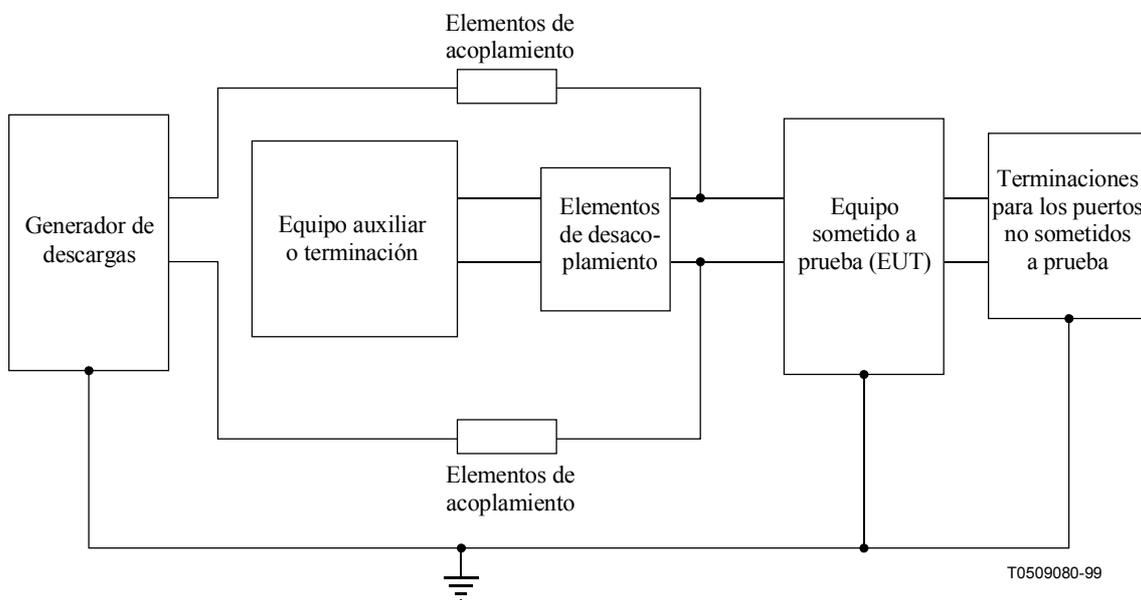


Figura A.2-2/K.44 – Diagrama de bloques de un dispositivo de prueba típico

A.3 Generadores de prueba

En las figuras A.3-1 a A.3-6 se presentan ejemplos de circuitos de generadores de prueba que pueden utilizarse para generar las formas de onda especificadas en A.4. Aunque los componentes indicados deberían dar la forma de onda correcta, pueden necesitar un determinado ajuste.

Pueden utilizarse otros generadores de prueba, a condición de que den el mismo resultado.

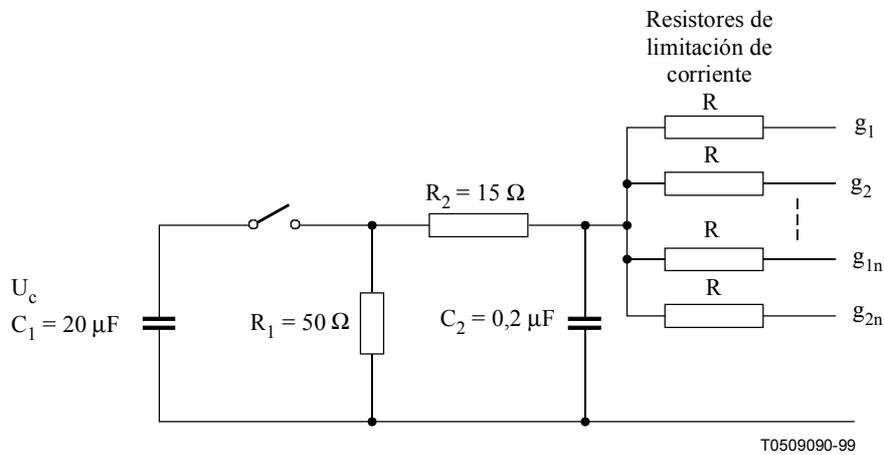


Figura A.3-1/K.44 – Generación de descargas de tensión de 10/700 μs

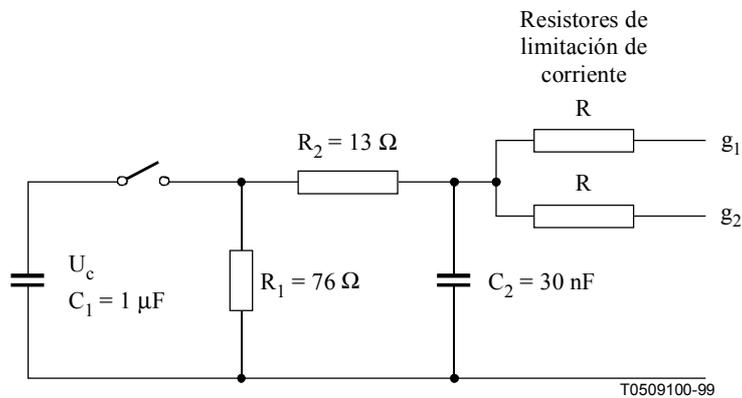
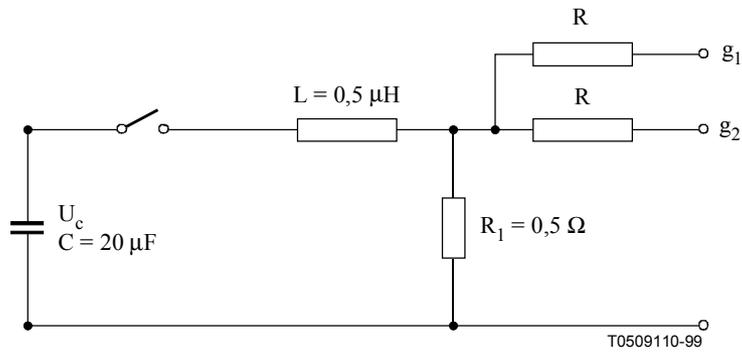


Figura A.3-2/K.44 – Generador de descargas de tensión de 1,2/50 μs

El generador de prueba puede ser un generador de ondas combinadas conforme a CEI 61000-4-5 (figura A.3-5) o un generador de sobretensiones de 1,2/50 μs equivalente.



L es una inductancia del cableado, pequeña y de carácter casi totalmente parásito, que puede tener que ajustarse para obtener el tiempo de $2 \mu\text{s}$ necesario. U_c se ajusta para obtener la tensión de salida necesaria o/c.

Figura A.3-3/K.44 – Generador de descargas de tensión de $2/10 \mu\text{s}$

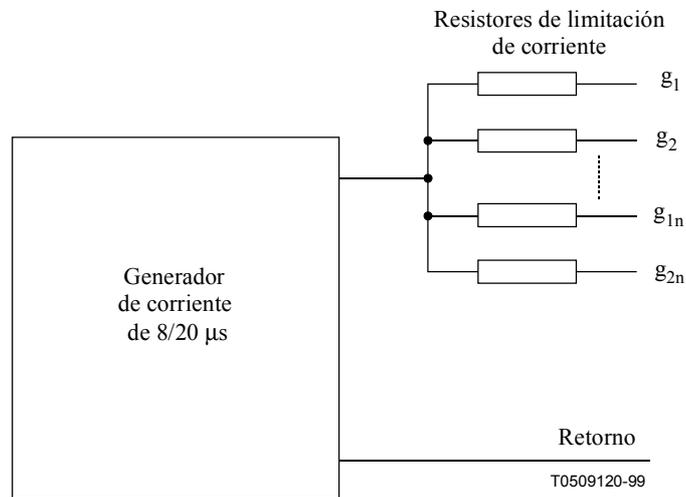


Figura A.3-4/K.44 – Generador de corriente de $8/20 \mu\text{s}$

El generador de prueba puede ser:

- un generador de ondas combinadas conforme a CEI 61000-4-5 (figura A.3-5);
- cualquier generador de sobrecorrientes de forma de onda de $8/20 \mu\text{s}$.

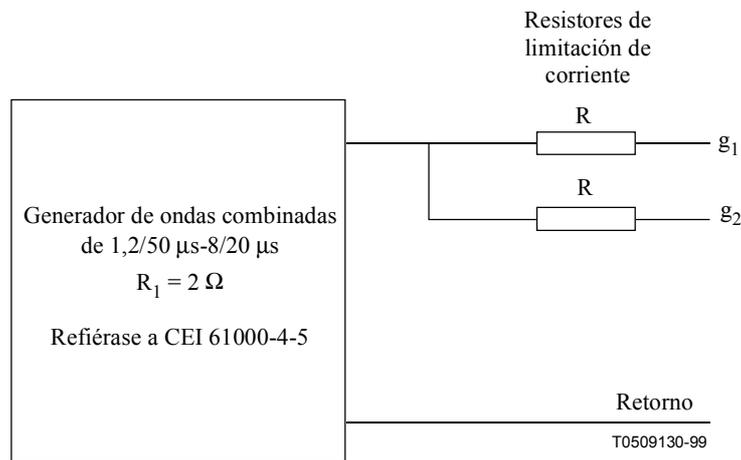
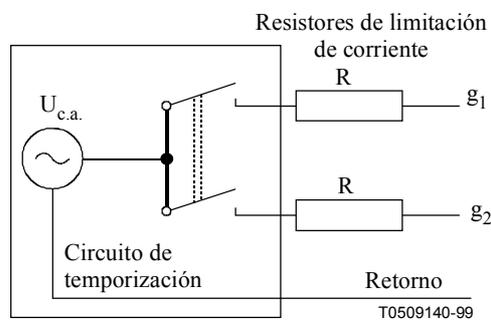


Figura A.3-5/K.44 – Generador de ondas combinadas



Para el valor de R, refiérase al cuadro de la prueba apropiada en la Recomendación específica pertinente.
 NOTA – En caso de que la reglamentación nacional lo exija, la corriente máxima puede limitarse.

Figura A.3-6/K.44 – Generador para las pruebas de inducción debida a las líneas de energía, contacto con las líneas de energía y elevación del potencial del neutro

A.4 Generación de forma de onda

Utilícese este circuito cuando se provean los valores del circuito. Cuando no se den los circuitos del generador, refiérase a la norma CEI pertinente o a CEI 60060-1 para obtener orientación acerca de la verificación de la forma de onda.

A.5 Circuitos de prueba que incluyen elementos de acoplamiento, desacoplamiento y redes de energía

El elemento de acoplamiento, si se necesita, puede ser un MOV, un GDT, un capacitor o cualquier otro elemento cuya tensión de funcionamiento sea superior a la tensión de funcionamiento máxima del EUT. El elemento de acoplamiento debe considerarse como parte integrante del generador de la prueba y no debe afectar de manera significativa la tensión de circuito abierto ni la corriente de cortocircuito. Puede ser necesario aumentar la tensión de prueba para compensar la caída de la tensión en los elementos de acoplamiento.

Los elementos de desacoplamiento, si se requieren, pueden ser una impedancia que impida que la energía de la descarga entre en el simulador de línea (por ejemplo, una resistencia de $200\ \Omega$ o más para circuitos de pares simétricos, inductancias o bobinas), pero que permita que haya energía y señalización en el EUT.

El equipo recibe energía a través del puerto de alimentación de la red o del puerto dpf, etc., mediante una red de desacoplamiento apropiada, por ejemplo un transformador aislador o una bobina, etc.

Las figuras A.5-1 a A.5-4 ilustran el principio de conexión del generador con el EUT.

A.5.1 Puertos de pares simétricos

Véanse las figuras A.5.1-1 a A.5.1-3.

A.5.2 Puertos coaxiales

Véanse las figuras A.5.2-1 a A.5.2-2.

A.5.3 Puertos de alimentación de energía especializada c.a. o c.c.

Véanse las figuras A.5.3-1 a A.5.3-2.

A.5.4 Puertos de alimentación de energía de la red

Véanse las figuras A.5.4-1 a A.5.4-2.

A.6 Terminaciones

Véase la figura A.6-1.

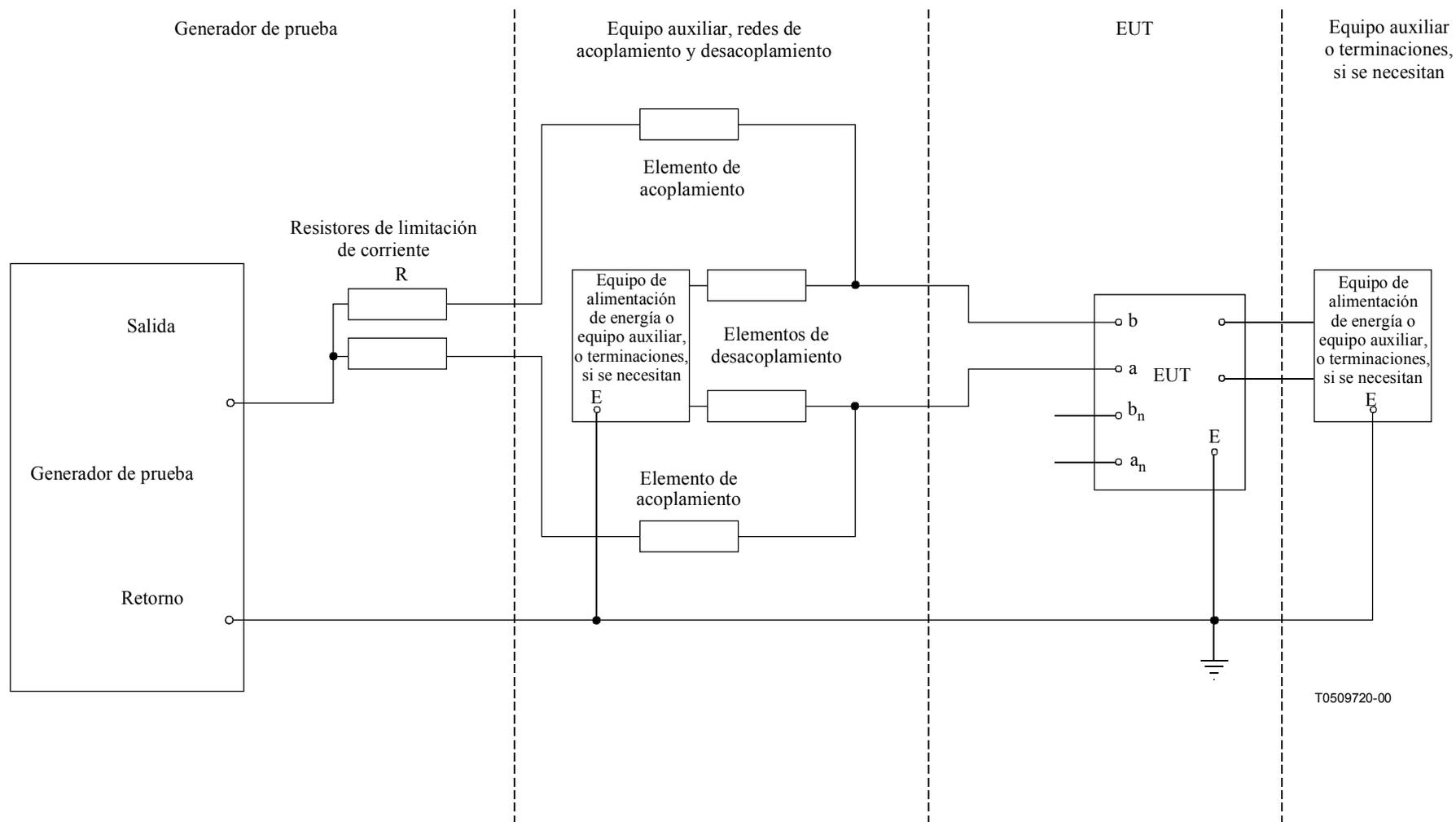


Figura A.5.1-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente longitudinal en un solo puerto

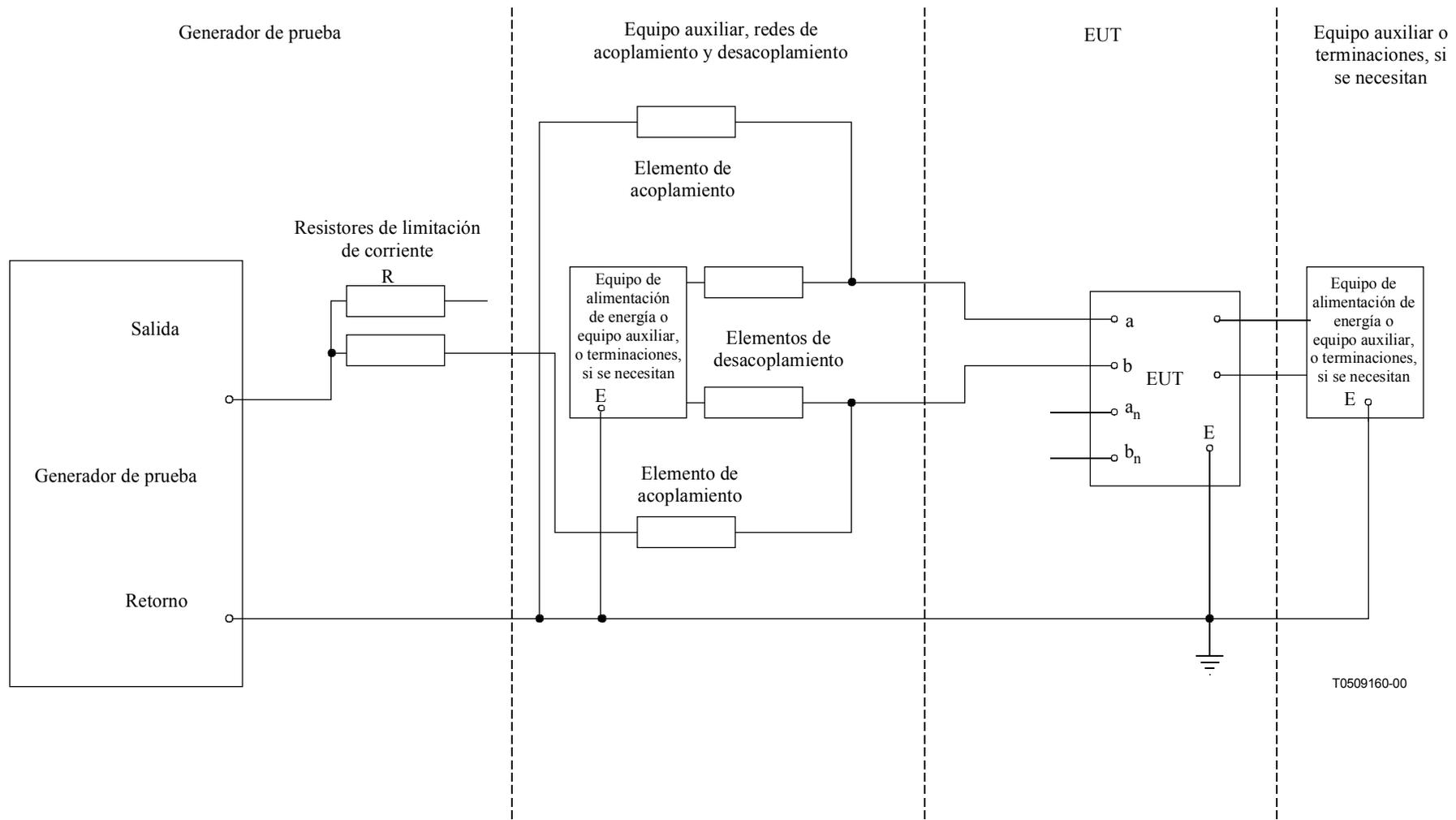


Figura A.5.1-2a/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto (terminal a a tierra)

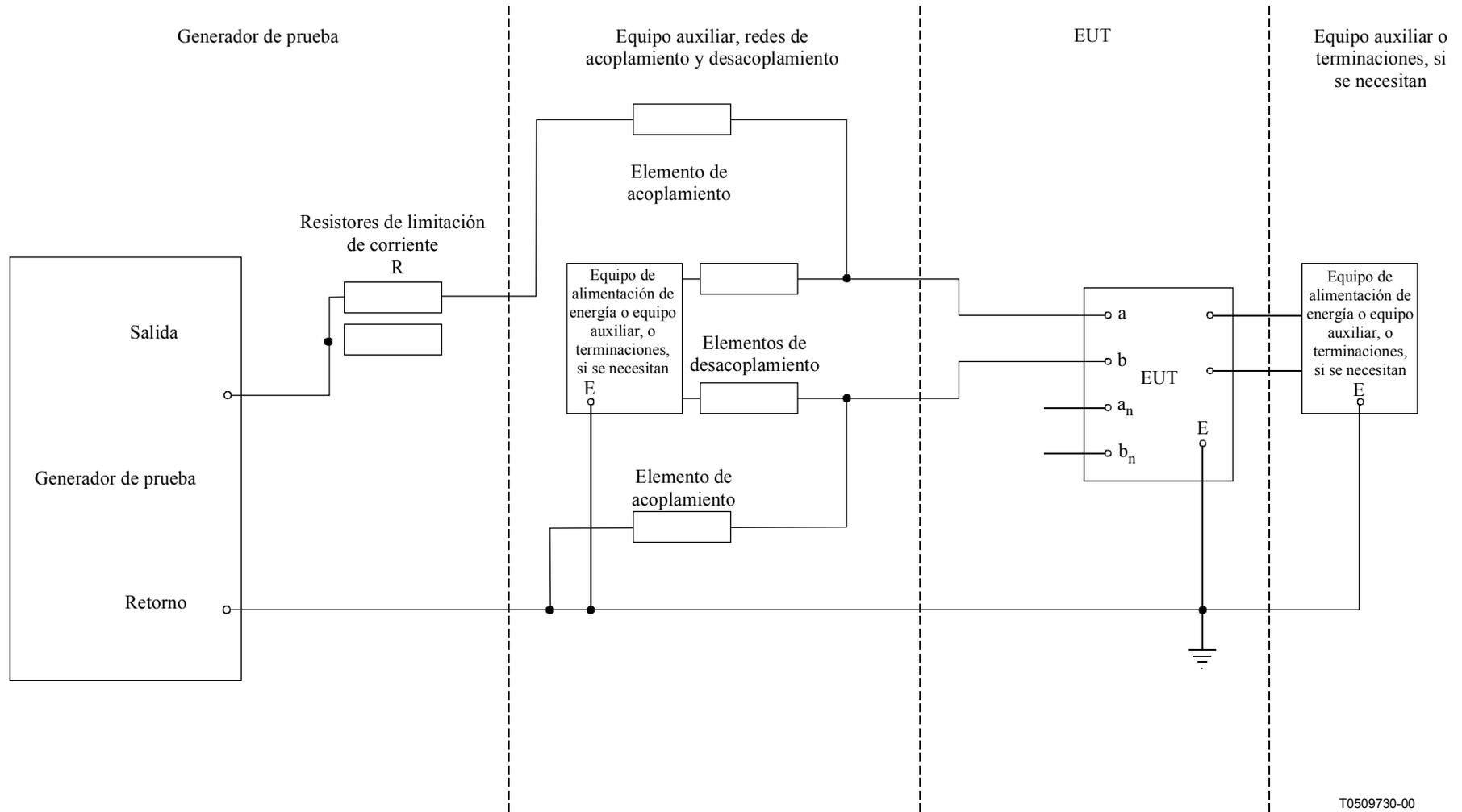
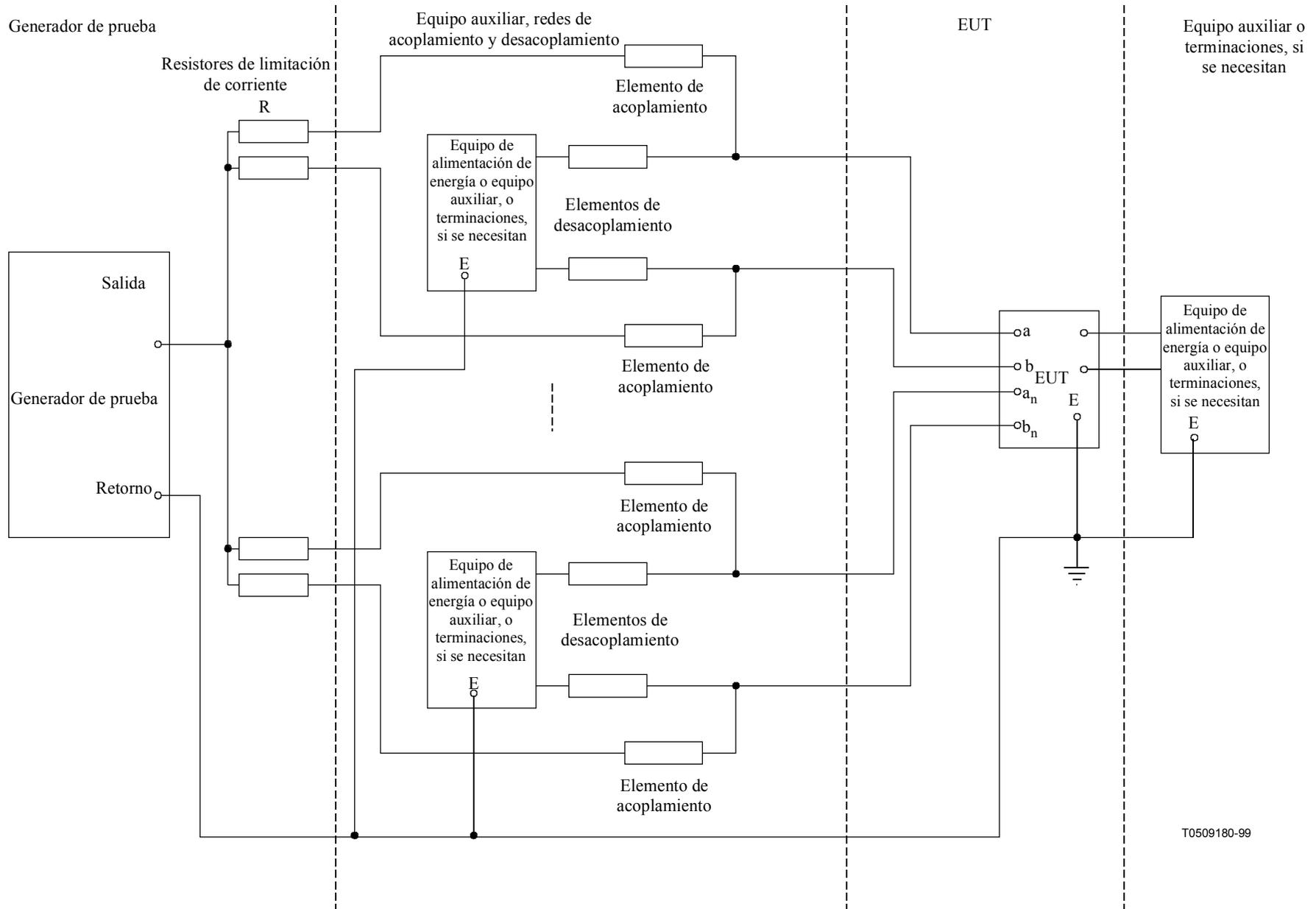


Figura A.5.1-2b/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto (terminal b a tierra)



T0509180-99

Figura A.5.1-3/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente longitudinal en múltiples puertos

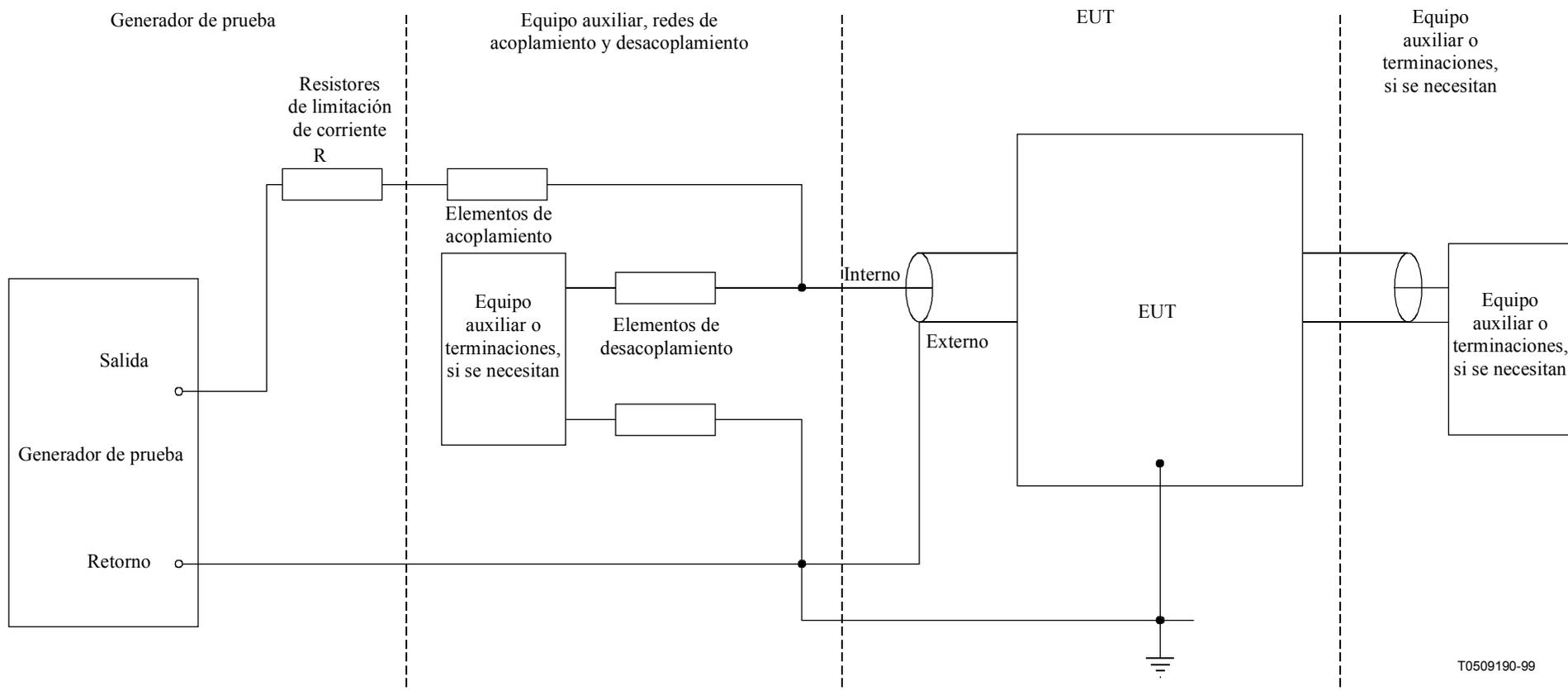
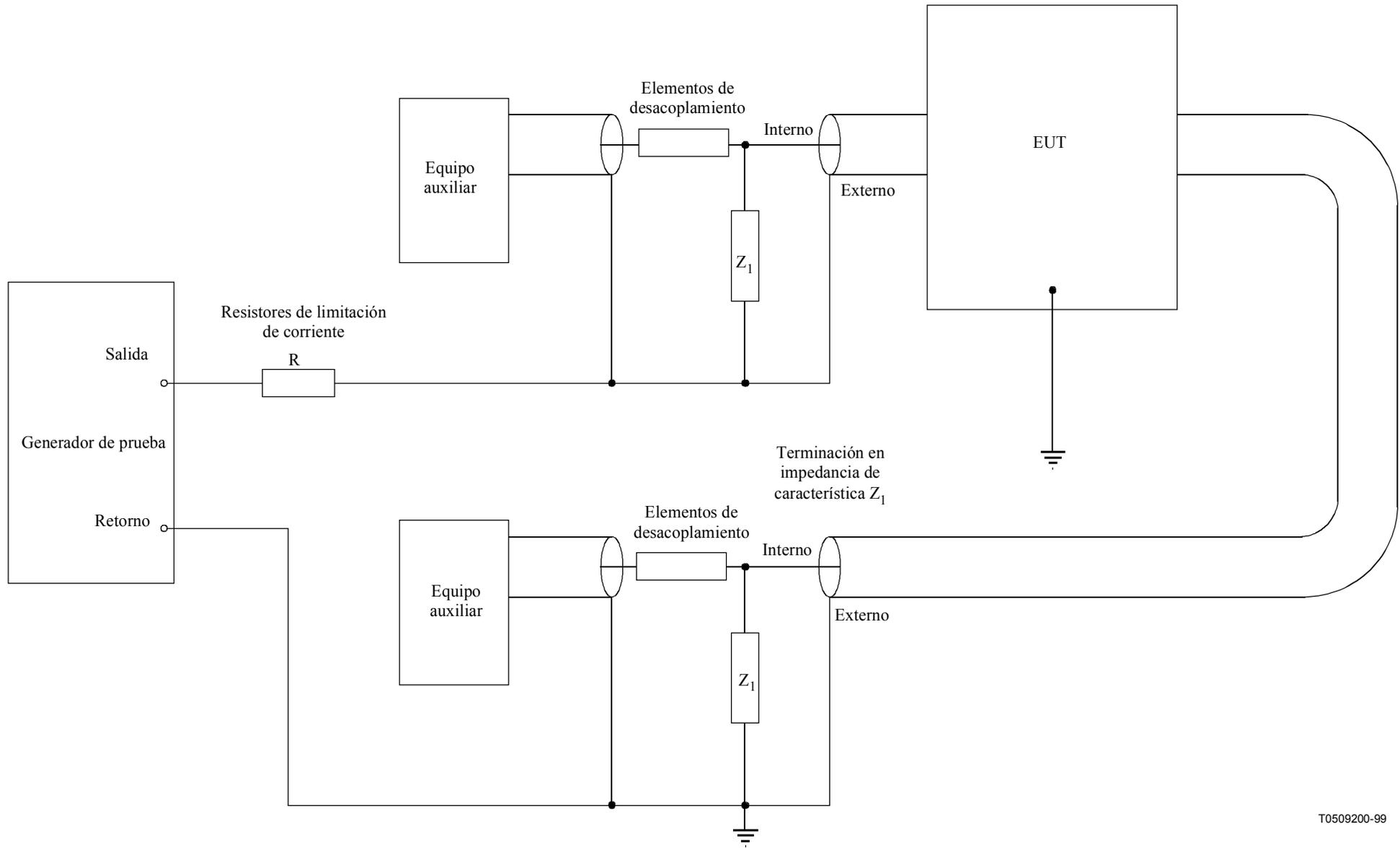


Figura A.5.2-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto



T0509200-99

Figura A.5.2-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una prueba de corriente en el blindaje

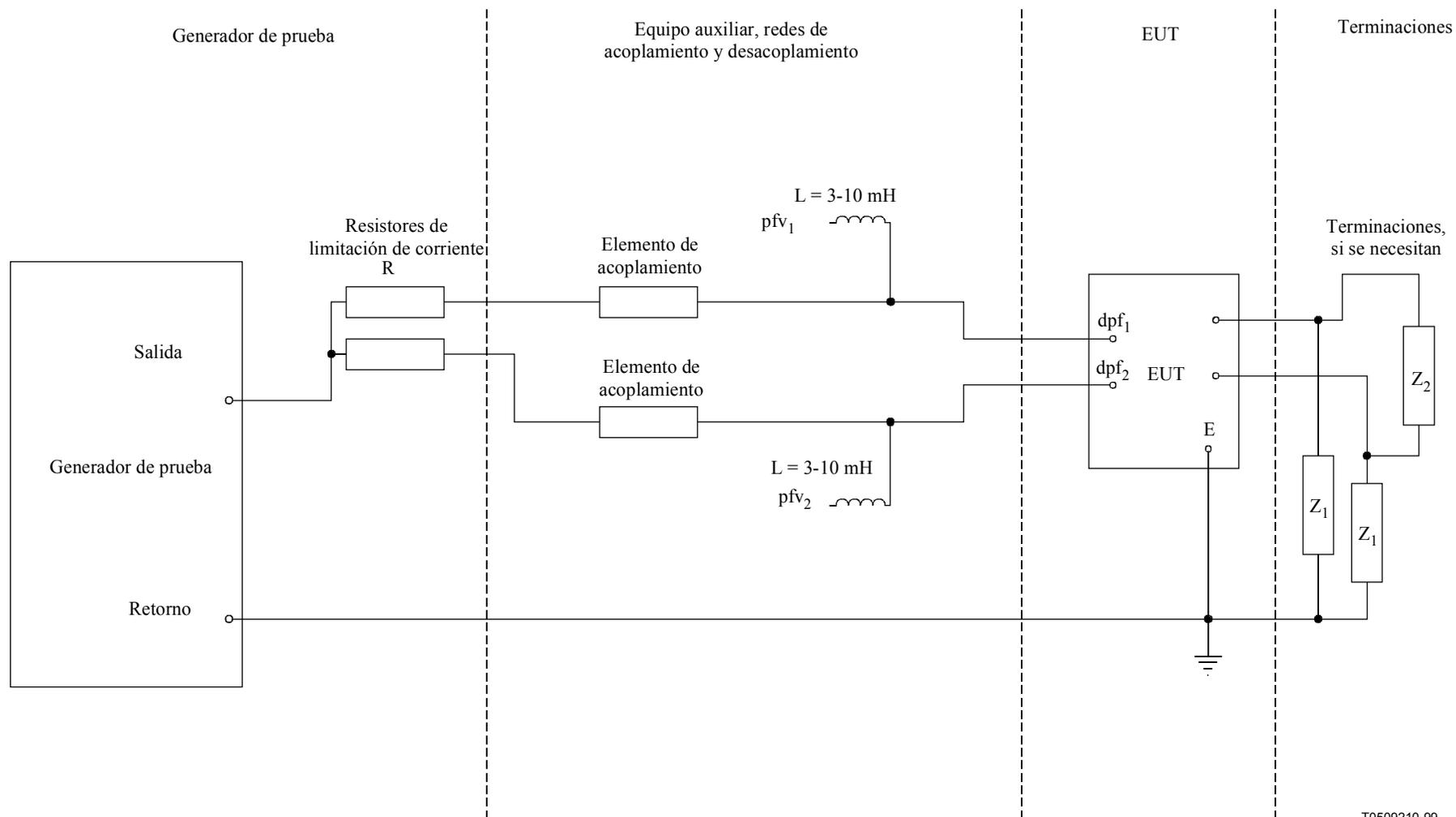
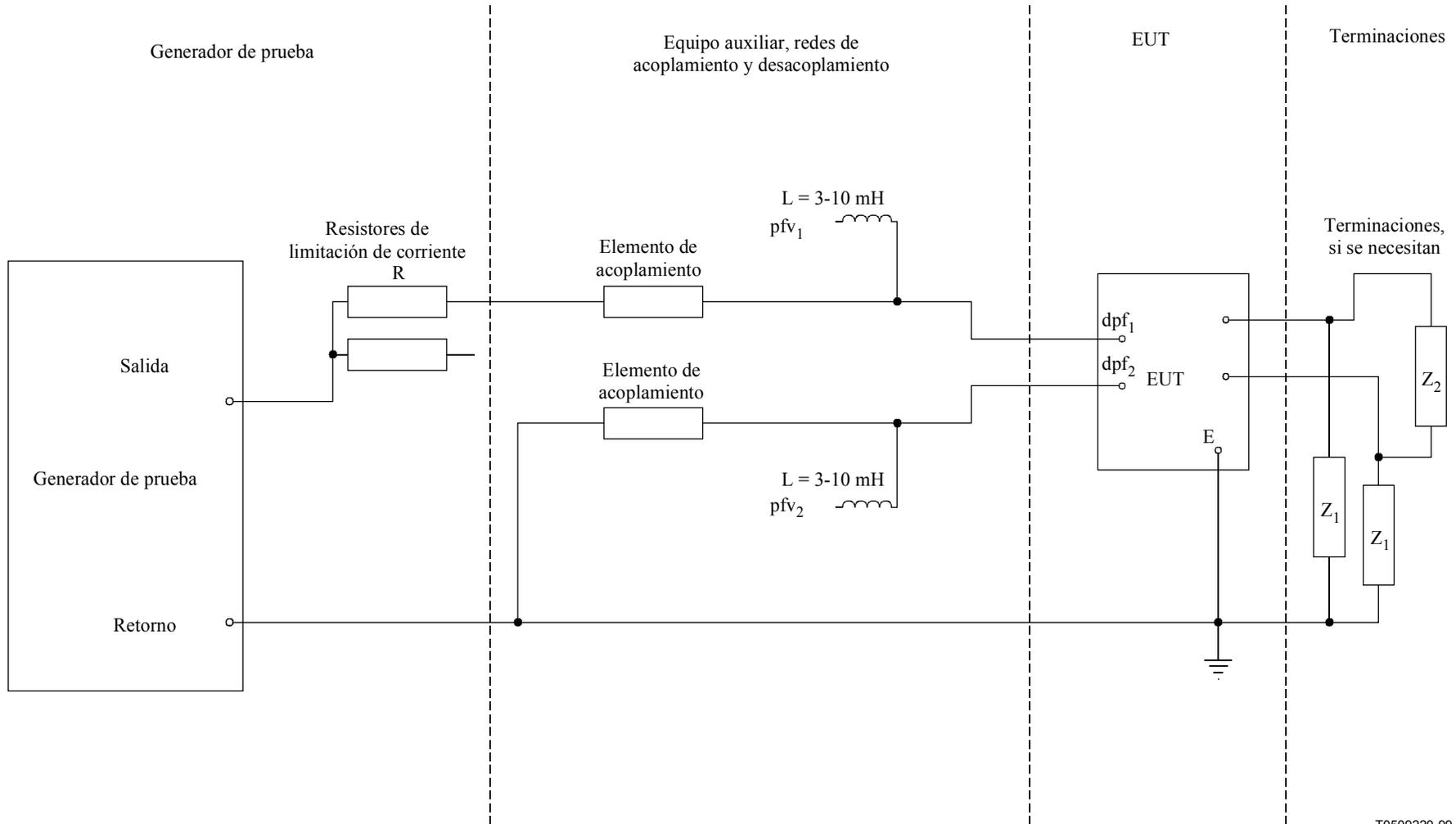


Figura A.5.3-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente longitudinal en un solo puerto



T0509220-99

Figura A.5.3-2a/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto (dpf₂ puesta a tierra)

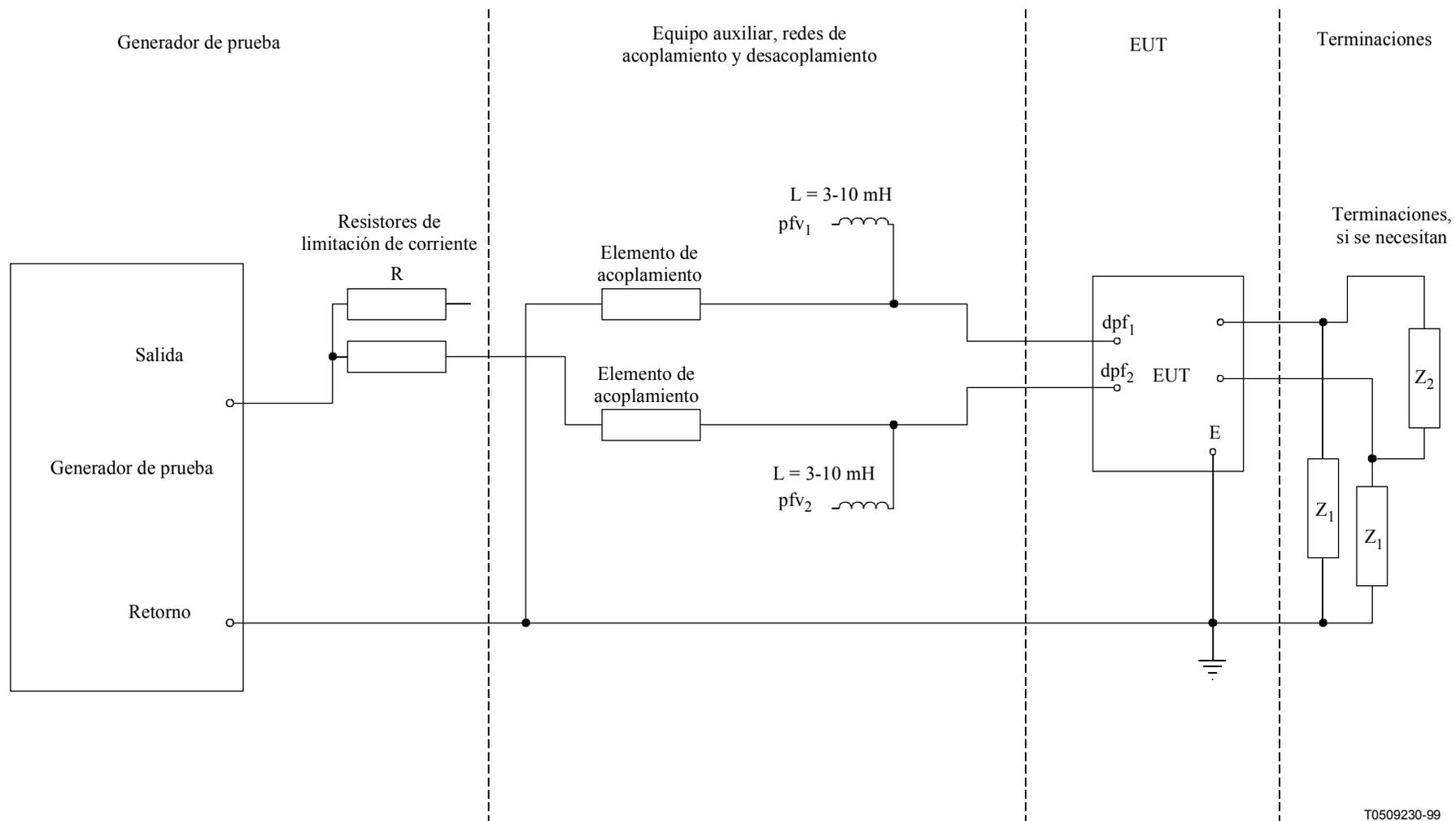
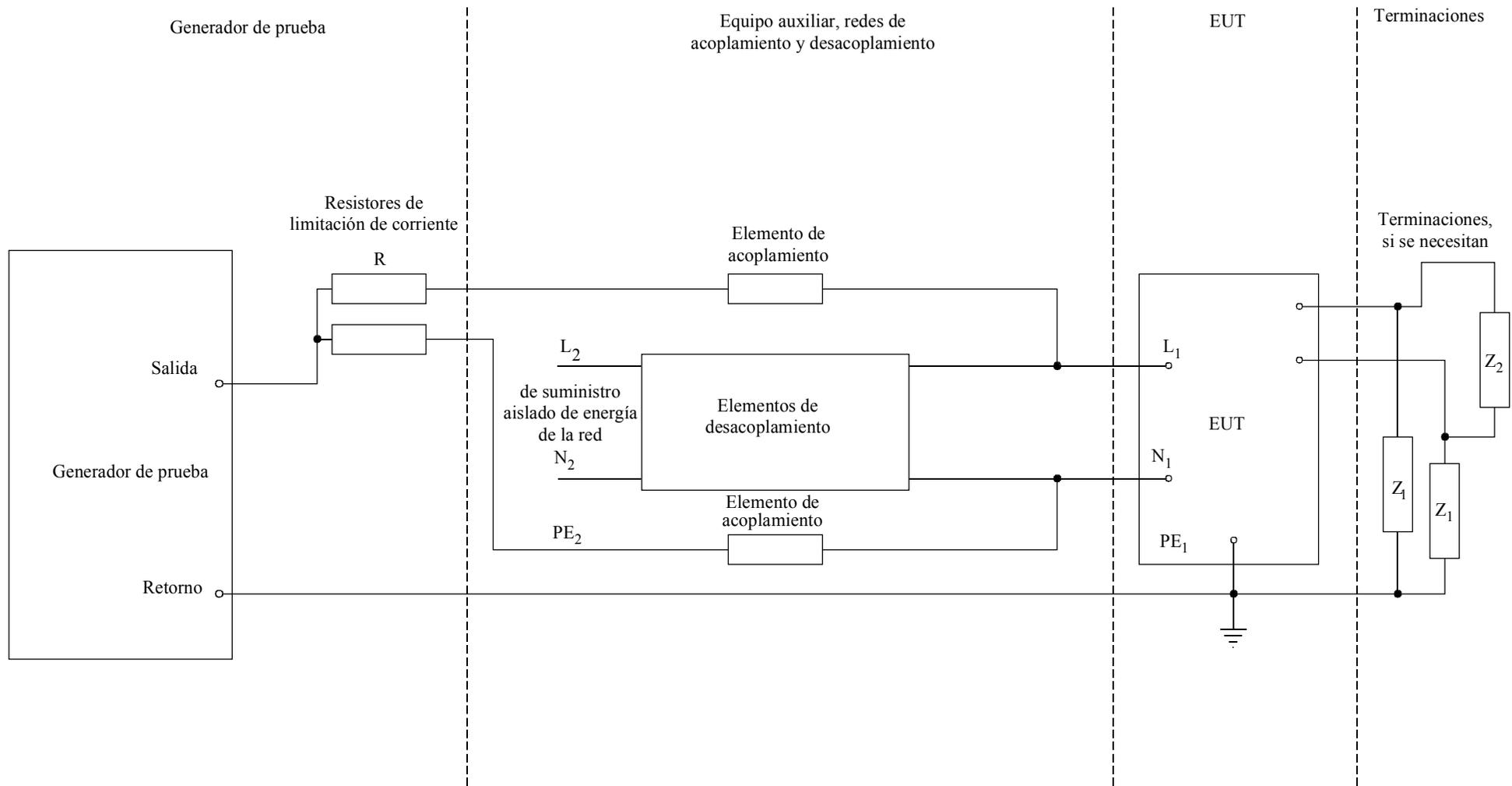
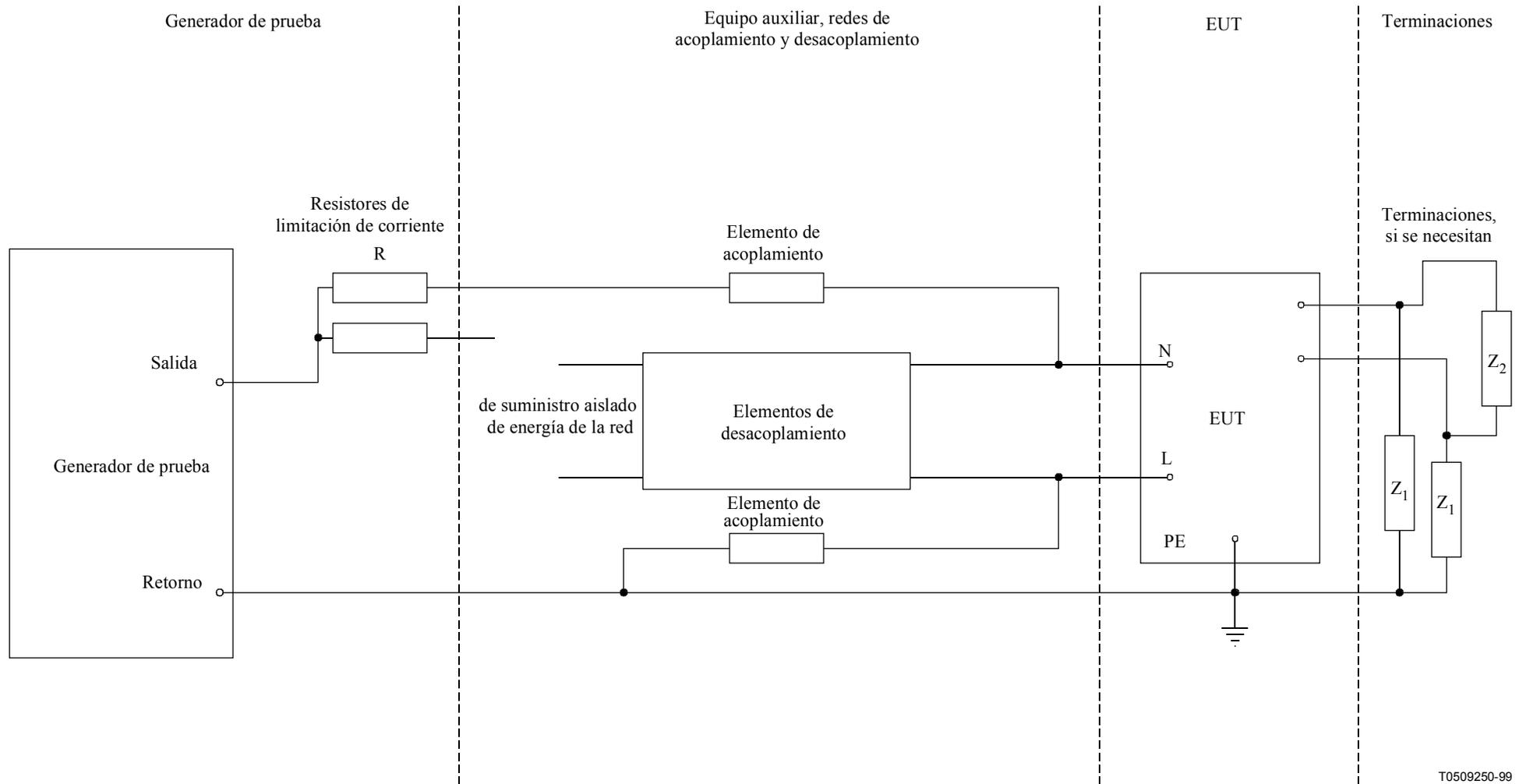


Figura A.5.3-2b/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto (dpf₁ puesta a tierra)



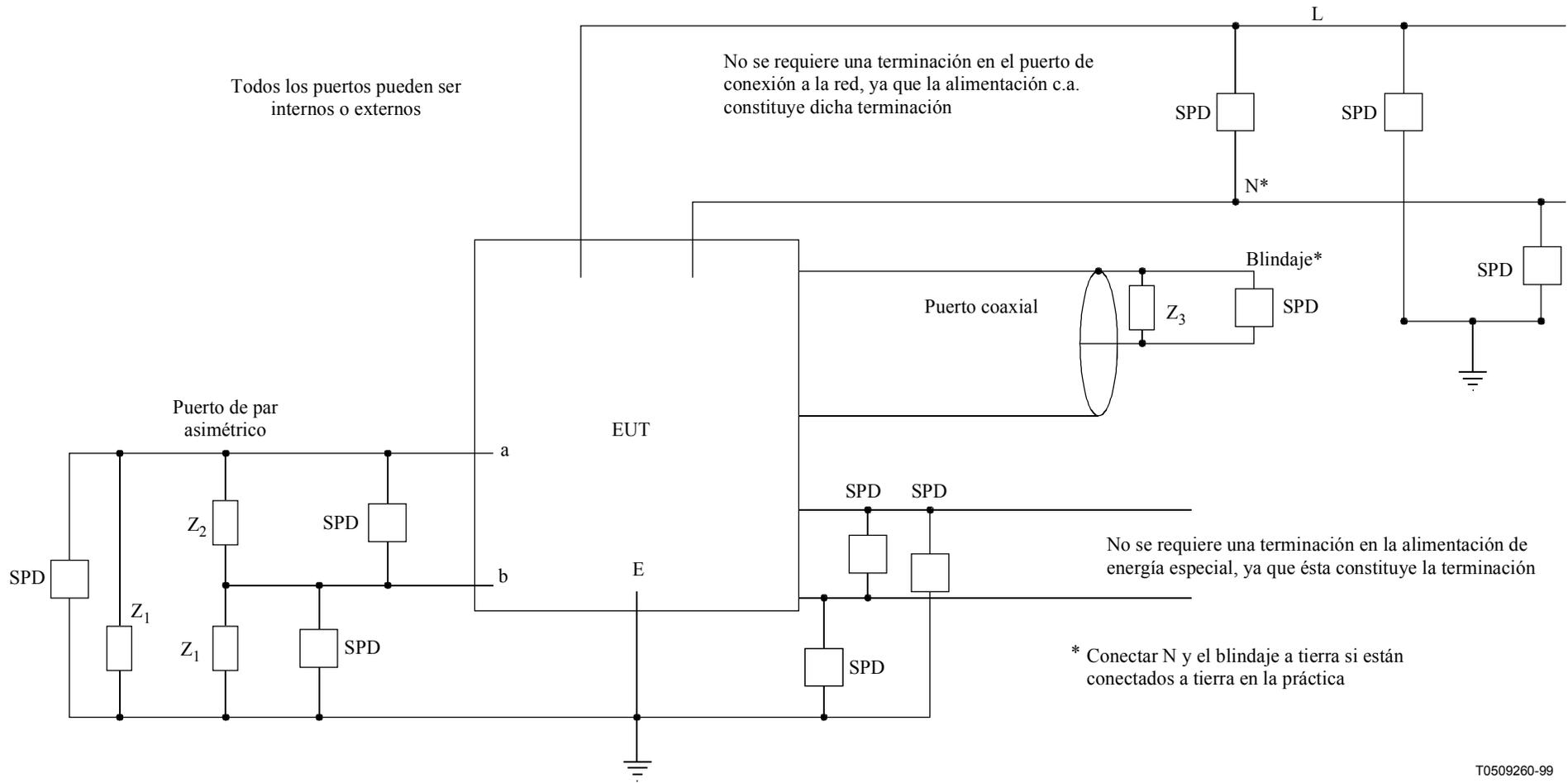
T0509240-99

Figura A.5.4-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión, sobrecorriente o elevación del potencial del neutro



T0509250-99

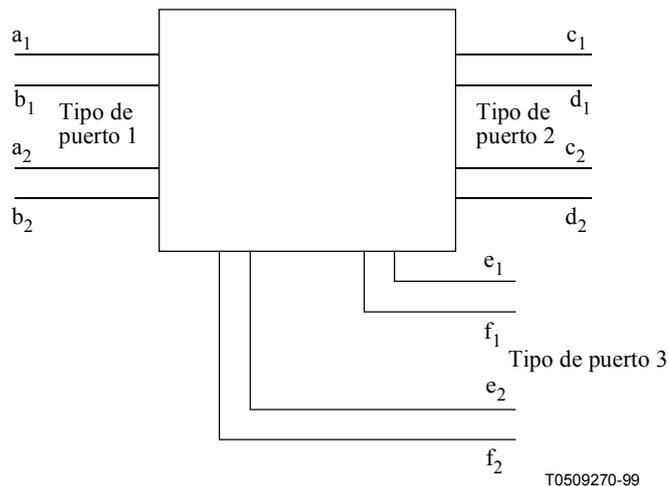
Figura A.5.4-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal



T0509260-99

Z_1, Z_2 y Z_3 son las terminaciones nominales para un sistema en funcionamiento o el equipo asociado.
El SPD se utiliza para simular un trayecto a tierra.

Figura A.6-1a/K.44 – Ejemplo de terminación de los puertos no sometidos a prueba durante la prueba de un puerto



- Prueba 1 – Prueba de a_1/b_1 sin terminación.
- Prueba 2 – Prueba de a_1/b_1 con terminación en a_2/b_2 .
- Prueba 3 – Prueba de a_1/b_1 con terminación en c_1/d_1 .
- Prueba 4 – Prueba de a_1/b_1 con terminación en e_1/f_1 .
- etc.

Figura A.6-1b/K.44 – Ejemplo de secuencia de terminación

APÉNDICE I

Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas

I.1 Pruebas

I.1.1 Generalidades

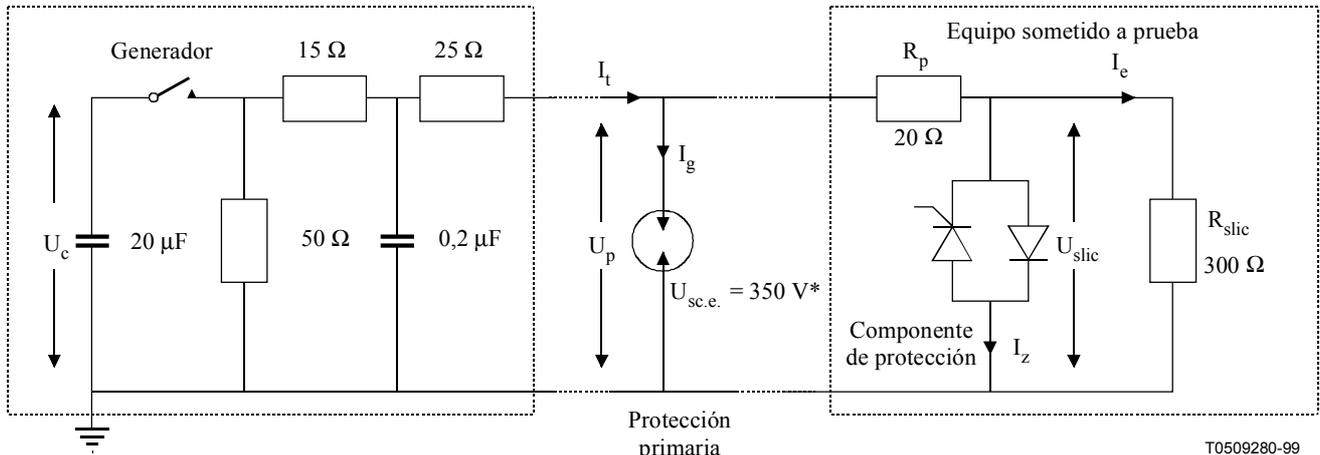
Para comprobar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para todos los niveles de tensión y corriente, hasta el nivel de prueba máximo, es necesario probar una amplia gama de tensiones/corrientes desde 0 hasta el nivel máximo especificado o realizar "pruebas inteligentes". En las subsecciones I.1.2-I.1.4 se da información acerca de las pruebas inteligentes que reducen al mínimo el número de niveles de prueba, garantizando a la vez la realización de un número de pruebas suficiente.

I.1.2 Pruebas relativas a las descargas del rayo

Para comprobar que no hay posibilidades de daño en el equipo, es necesario realizar pruebas a tensiones de prueba específicas. Estas tensiones de prueba específicas están determinadas por los puntos de funcionamiento de componentes tales como el protector primario (GDT o SSA) y los dispositivos de protección de conmutación ubicados dentro del equipo. Ejemplos de estas tensiones de prueba se ilustran mediante el ejemplo de una tarjeta de línea con un resistor fusible de 20Ω y un protector inherente de tipo conmutación. Esta tarjeta de línea, junto con el generador de prueba y el protector primario, se ilustran en la figura I.1-1. Aparte del generador de prueba, toda la disposición del circuito y los valores de los componentes se han escogido únicamente a efectos explicativos y no se exponen como práctica recomendada.

Cuando la tensión de carga U_c se eleva progresivamente, los diferentes componentes están sujetos a diferentes tensiones, corrientes y energías. La elección de los componentes del circuito está determinada por:

- la tensión máxima en el componente;
- la corriente máxima en el componente;
- la energía máxima que será absorbida por el componente (la integral de la tensión por la corriente durante el tiempo que dura el impulso).



* Protector de prueba especial para protector primario 230 V.

NOTA – En la práctica R_p puede variar de 10 a 100 Ω y R_{slic} puede tener también valores diferentes.

Figura I.1-1/K.44 – Ejemplo de tarjeta de línea con tensiones y corrientes designadas

Este circuito ilustra el ejemplo de una tarjeta de línea de baja impedancia de entrada cuando funciona la protección inherente. El equipo está protegido nominalmente en las zonas expuestas con un SSA o un GDT en el MDF. Este circuito debe probarse suponiendo que será protegido con un GDT de 230 V. El protector primario ha sido sustituido por un GDT con una tensión de cebado c.c. de 350 V, tal como se describe en 8.4.1 (es decir, 300, la $V_{c.c.(m\acute{a}x)}$ del GDT de 230 V multiplicado por 1,15).

R_p es el resistor de protección. Su valor puede variar en la práctica entre 10 y 100 Ω . Este resistor realiza dos funciones. En primer lugar, está diseñado para fundirse en caso de contacto con líneas de energía para evitar el incendio. En segundo lugar, constituye una impedancia tampón entre la protección primaria y la protección inherente para lograr la coordinación. Se convierte en la impedancia (resistencia) de entrada del EUT cuando entra en funcionamiento la protección inherente. R_p puede ser un resistor, un PTC o algún tipo de dispositivo híbrido. En algunas aplicaciones, es posible que R_p esté en el MDF con la protección primaria. Obsérvese que no se recomienda que R_p esté en el MDF, ya que algunos operadores pueden tener MDF que no aceptan impedancias en serie.

R_e es la resistencia del circuito. Su valor puede variar con la corriente y la frecuencia. No obstante, es usual que la corriente máxima que circula a través de R_e sea inferior a 0,2 A. Esta corriente es despreciable, comparada con la corriente que es conducida por la protección inherente cuando ésta funciona.

La protección inherente es un dispositivo de tipo PNP. Cuando se aplican descargas positivas, el diodo conduce la corriente a tierra, de manera que la caída de tensión es únicamente de 1 ó 2 V.

Cuando se aplican sobrecargas negativas, el tiristor entrará en funcionamiento si la tensión que lo atraviesa rebasa su tensión de activación, de aproximadamente 60 V. Después de la entrada en funcionamiento del tiristor, la caída de tensión es de únicamente 1 ó 2 V.

Con una U_c que produce una $U_p = 0-69$ V, no hay corriente, véase la figura I.1-2, y la tensión U_p y U_{slic} son iguales. Éste es el punto más crítico para el SLIC y deben aplicarse 10 descargas alternando la polaridad. Con una U_c que produce una $U_p = 70$ V, la protección inherente funciona y la corriente circula a través del resistor de 20Ω , véase la figura I.1-3. Esto limitará la tensión en el SLIC a 70 V. La tensión en el resistor de 20Ω y la corriente a través del mismo aumentarán hasta cuando la tensión de carga esté justo por debajo del nivel de activación de la protección primaria véase la figura I.1-4. Éste es el punto más crítico para el resistor de 20Ω y deben aplicarse 10 descargas alternando la polaridad.

Cuando se activa la protección primaria, la tensión U_p cae a un valor bajo (por lo general alrededor de 25 V). La corriente I_z que circula en el equipo cae a un valor muy bajo y es prácticamente independiente de U_c .

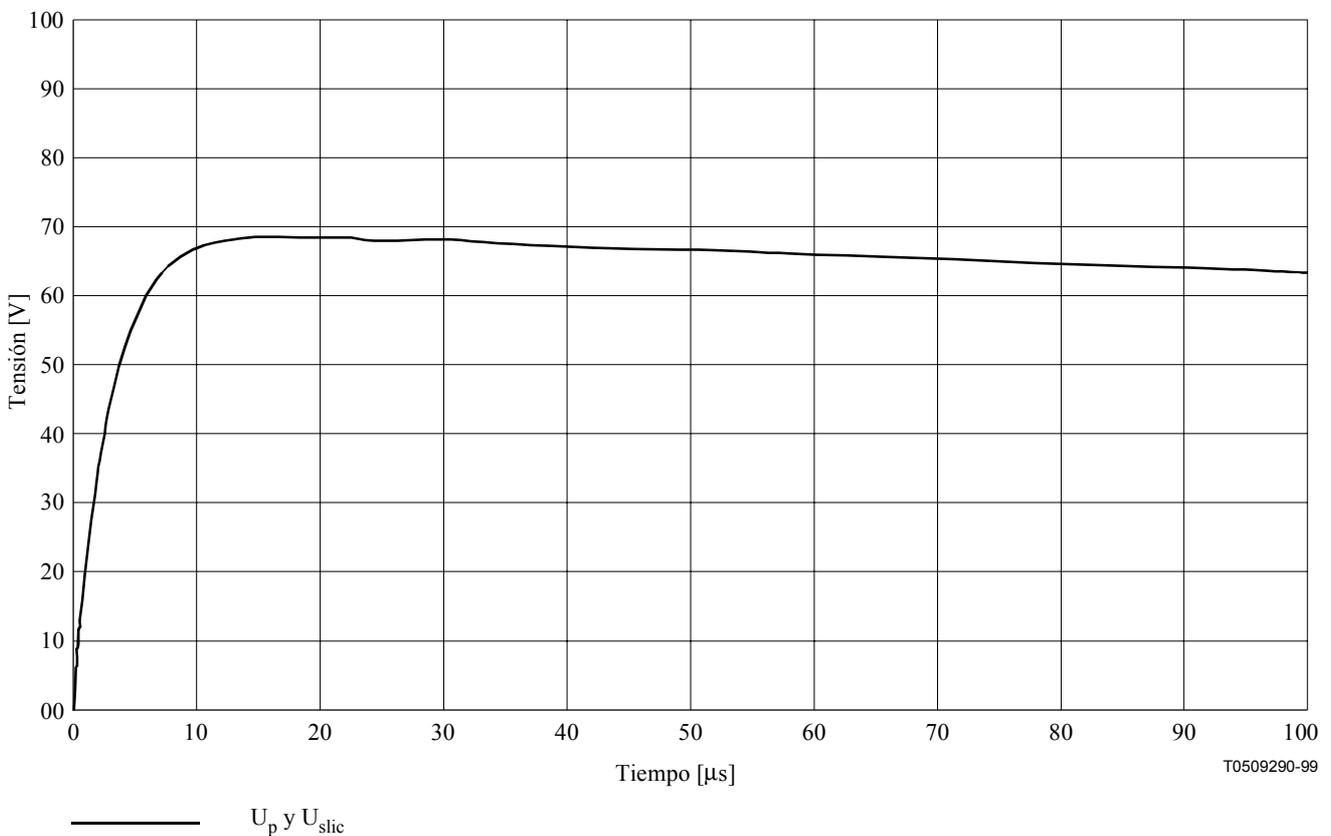


Figura I.1-2/K.44 – Tensiones con U_c para obtener U_p de 69 V

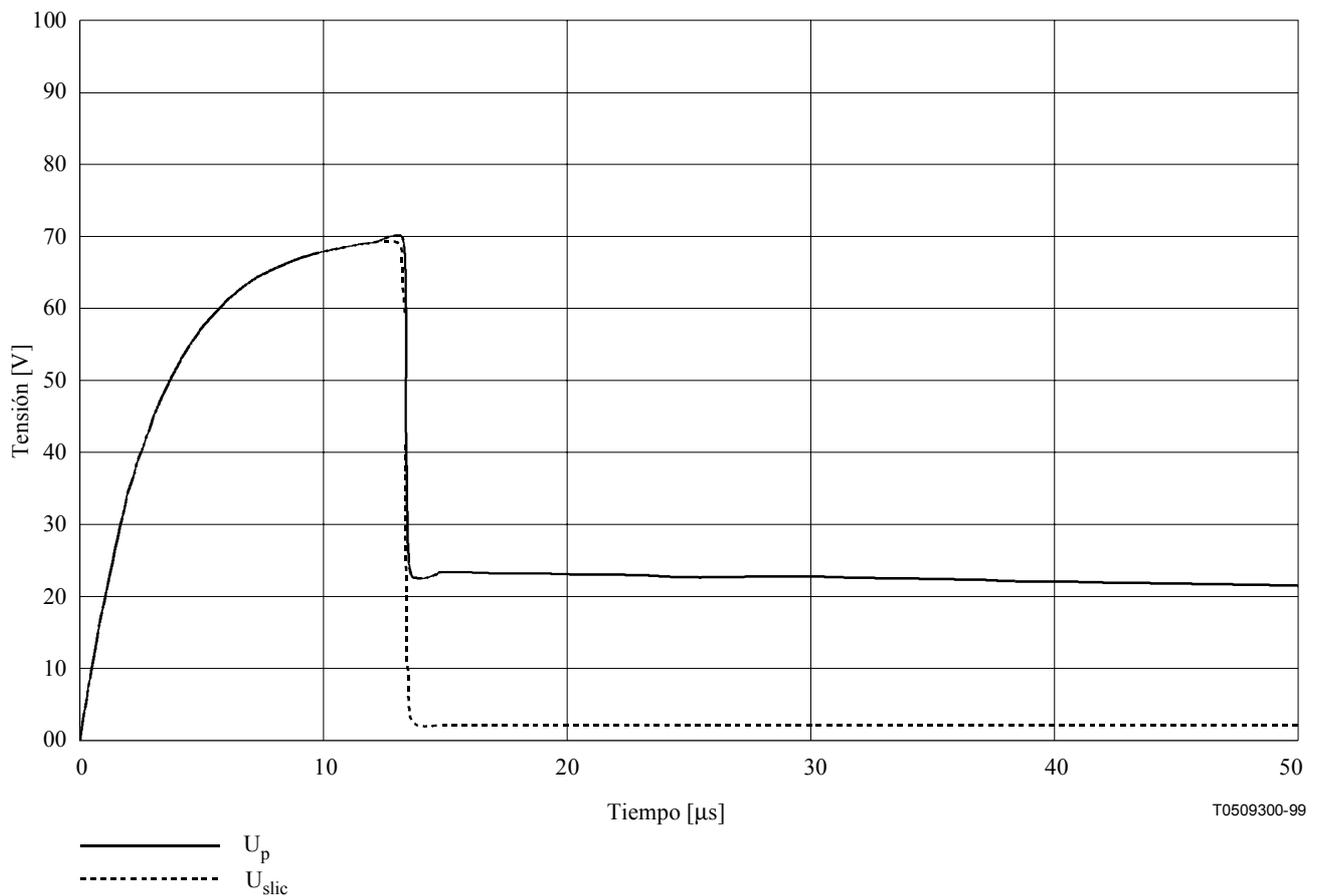


Figura I.1-3/K.44 – Tensiones con U_c para obtener una U_p de 70 V

En la figura I.1-4 se muestra la tensión máxima de onda completa de 10/700 μs que aparece a la entrada del equipo. En la figura I.1-5 se muestra el protector en funcionamiento durante la cola de la onda. La tensión de activación en el caso 10/700 μs es el valor mínimo de U_p que hace funcionar el protector, es decir que la tensión de activación del protector en el caso 10/700 μs es 420 V.

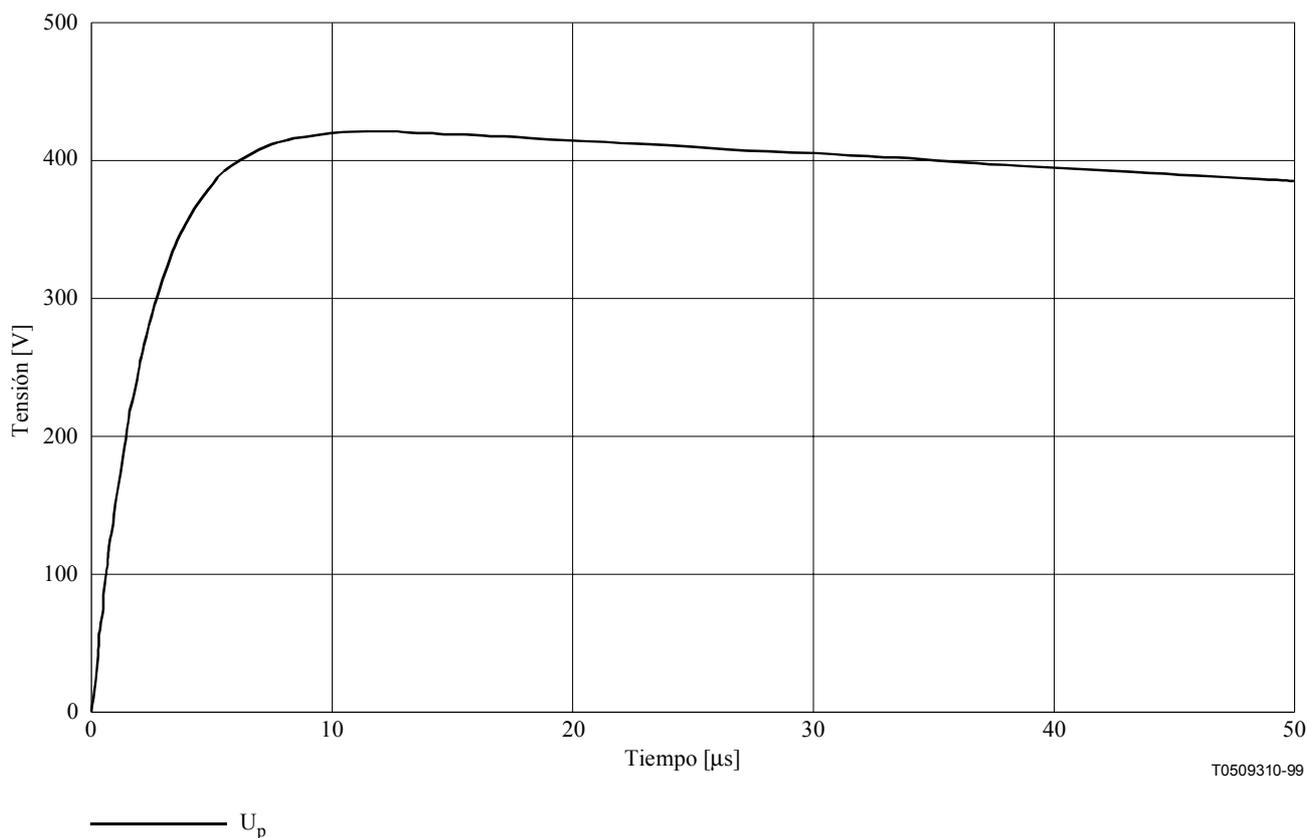


Figura I.1-4/K.44 – Tensiones con U_c en el punto de cebado del GDT

En la figura I.1-5 se muestra la tensión medida U_p en la protección primaria y la tensión en el resistor de 20Ω para una tensión de carga U_c de 1,3 kV y un GDT con una tensión c.c. de ruptura de 350 V, la tensión de activación del protector de prueba especial utilizado cuando el protector primario acordado es un GDT de 230 V. Las diferentes corrientes pueden calcularse a partir de las tensiones. El protector primario utilizado fue activado después de 15 μs y la tensión máxima en el GDT fue de 420 V.

Debe observarse que, si la protección primaria no es activada durante la fase de subida, puede ser activada durante el periodo de bajada, ya que la tensión permanece inicialmente casi constante durante dicho periodo de bajada. Cuando el GDT es activado durante el periodo de bajada, la tensión de disrupción es más baja y se acerca a la tensión de disrupción c.c.

En la figura I.1-6 se muestra la tensión medida U_p en la protección primaria y la tensión en el resistor de 20Ω para una tensión de carga U_c de 4 kV. La protección primaria fue activada después de 1,0 μs , y la tensión máxima en el GDT es de 635 V. Aunque la tensión es mayor, la cantidad de energía transmitida al equipo es inferior.

En la figura I.1-7 se muestra la tensión medida U_p en la protección primaria y la tensión en el resistor de 20Ω para una tensión de carga U_c de 10 kV. La protección primaria fue activada después de 0,38 μs , y la tensión máxima en el GDT es de 692 V. Aunque la tensión es superior, la cantidad de energía transmitida al equipo es inferior.

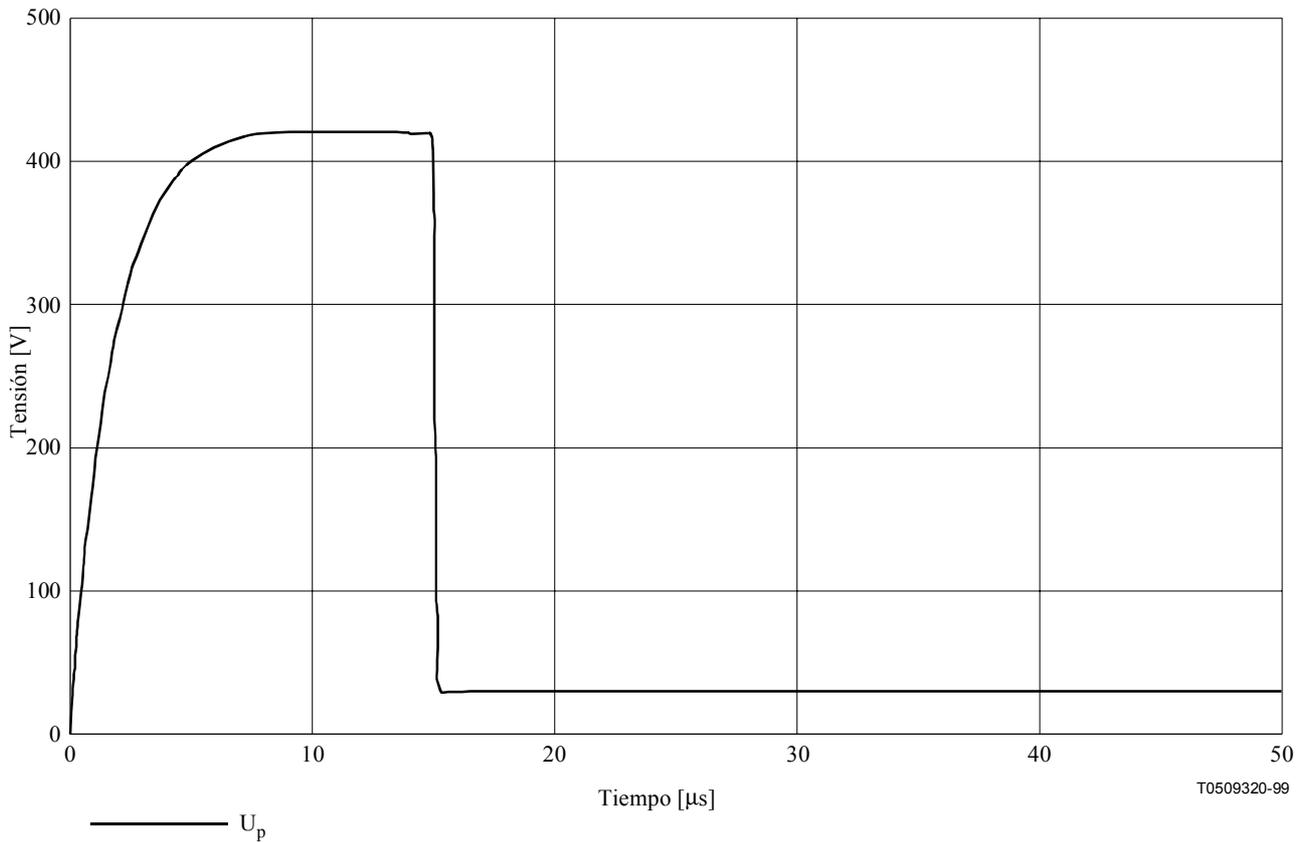


Figura I.1-5/K.44 – Tensión U_p en el protector de prueba especial para una tensión de carga U_c de 1 kV

Este ejemplo con seis tensiones de carga diferentes muestra la importancia que tiene conocer las características de la protección primaria y la protección inherente con el fin de garantizar una coordinación apropiada entre las protecciones primaria e inherente y el equipo.

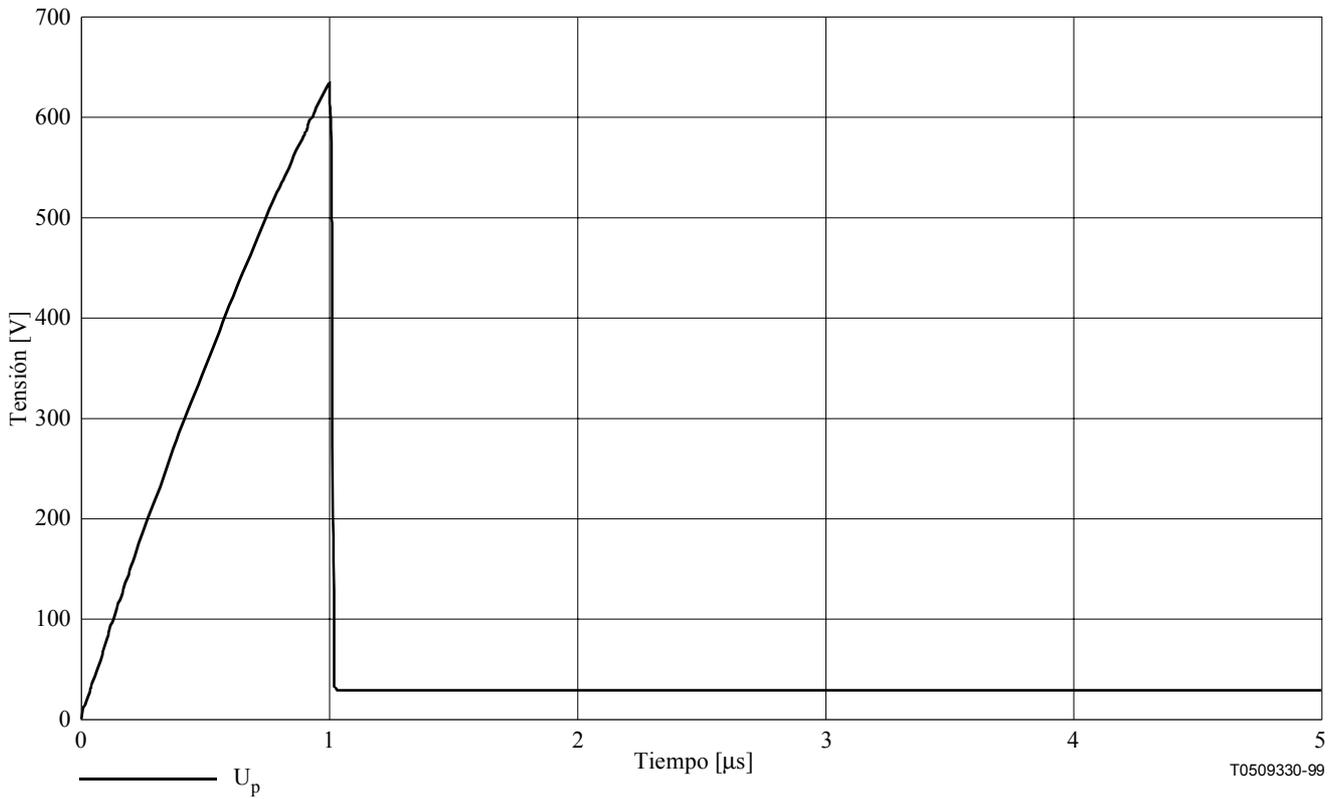


Figura I.1-6/K.44 – Tensión U_p en el protector de prueba especial para una tensión de carga U_c de 4 kV

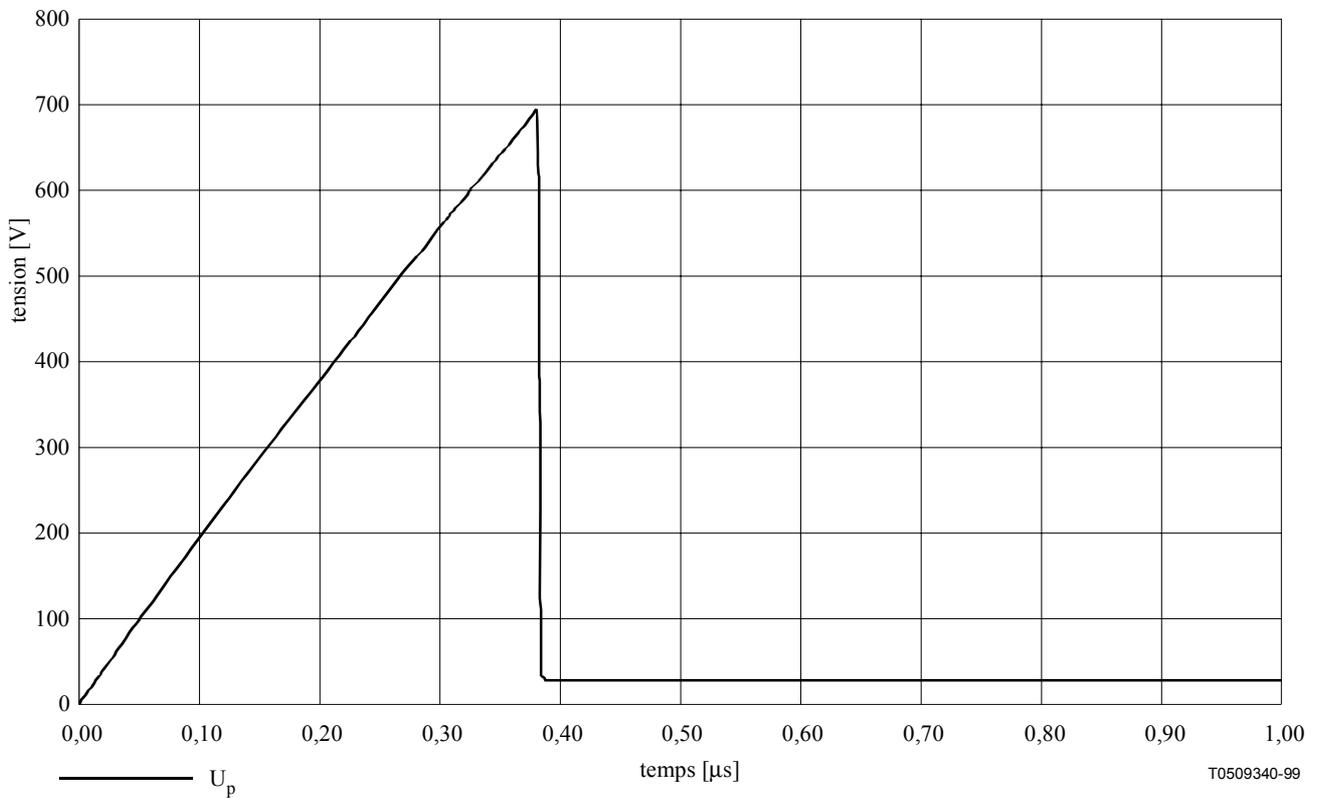


Figura I.1-7/K.44 – Tensión U_p en el protector de prueba especial para una tensión de carga U_c de 10 kV

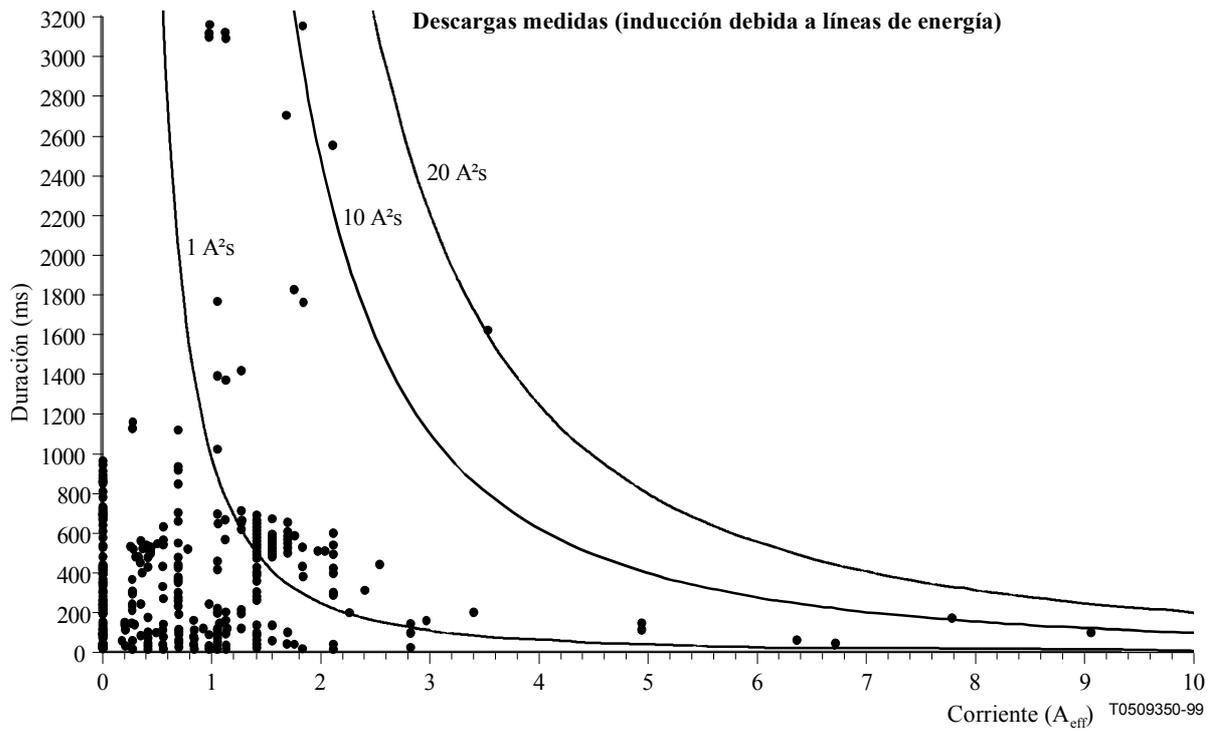
I.1.3 Inducción debida a líneas de energía

Las tensiones inducidas se presentan con mayor probabilidad en líneas largas, y en el caso común cuando las líneas de los clientes no ofrecen una resistencia baja con respecto a tierra, puede considerarse que las tensiones inducidas E tienen una impedancia de fuente alta consistente en una resistencia de 600Ω en serie con una capacitancia de $0,33 \mu\text{F}$ entre la línea y tierra, como se indica en la figura I.1-9. El teléfono está representado por una resistencia de 100Ω y el gancho conmutador. Los GDT indicados en la figura I.1-9 se necesitan únicamente en las líneas situadas en áreas expuestas. Sin embargo, debido a la liberalización de los CPE, estos protectores pueden estar presentes también en líneas menos expuestas. Estos GDT se activan en el extremo de la línea de cliente en el caso de inducción a corto plazo debida a líneas de energía y cortocircuitan el teléfono y las capacitancias de la línea. Por tanto, el circuito de prueba de la figura A.3-6 consiste únicamente en la tensión inducida $E = U_{c.a.}$ y las resistencias R .

La experiencia en el terreno mostró que en algunas centrales, un gran número de tarjetas de línea fueron averiadas por la inducción debida a las líneas de energía en días de tormenta. Los daños aparecieron únicamente en zonas rurales expuestas. Las corrientes inducidas en esas líneas y que causaron los daños a las tarjetas de línea se midieron en unos pocos casos, obteniéndose valores comprendidos entre 4 y 6 A y duraciones comprendidas entre 200 y 500 ms, es decir, valores de energía específica de hasta $10\text{-}20 \text{ A}^2\text{s}$. En la figura I.1-8 se muestran las medidas de la inducción debida a las líneas de energía en Australia.

Estas sobrecorrientes con altos valores de energía específica se consideran como acontecimientos raros; por consiguiente, se convino en que la prueba de inducción, con protección primaria acordada, debe simular una sobrecorriente con una energía específica de $1 \text{ A}^2\text{s}$ para el requisito básico y de $10 \text{ A}^2\text{s}$ para el requisito mejorado.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los laboratorios de prueba disponían únicamente de un circuito de prueba con una tensión de prueba máxima de 600 V, se decidió definir, para la prueba de inducción correspondiente al requisito básico, este valor de tensión máxima $U_{c.a.(m\acute{a}x)} = 600 \text{ V}$ y aumentar la duración de la prueba hasta 1 s.



NOTA – Las descargas de 0 A fueron inferiores a la resolución mínima de la corriente.

Figura I.1-8/K.44 – Sobrecorrientes por inducción debida a líneas de energía medidas en Australia

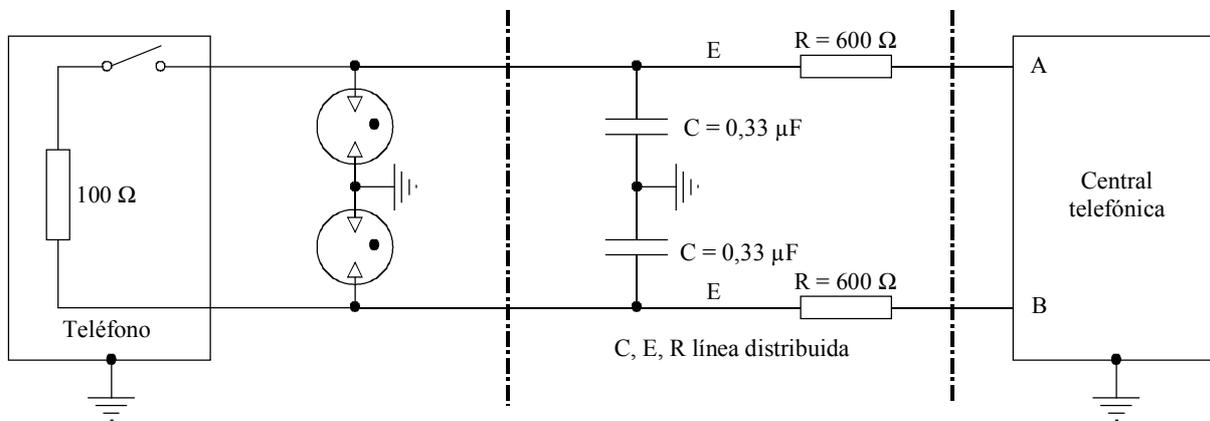


Figura I.1-9/K.44 – Circuito equivalente de una línea de telecomunicación durante la inducción debida a líneas de energía

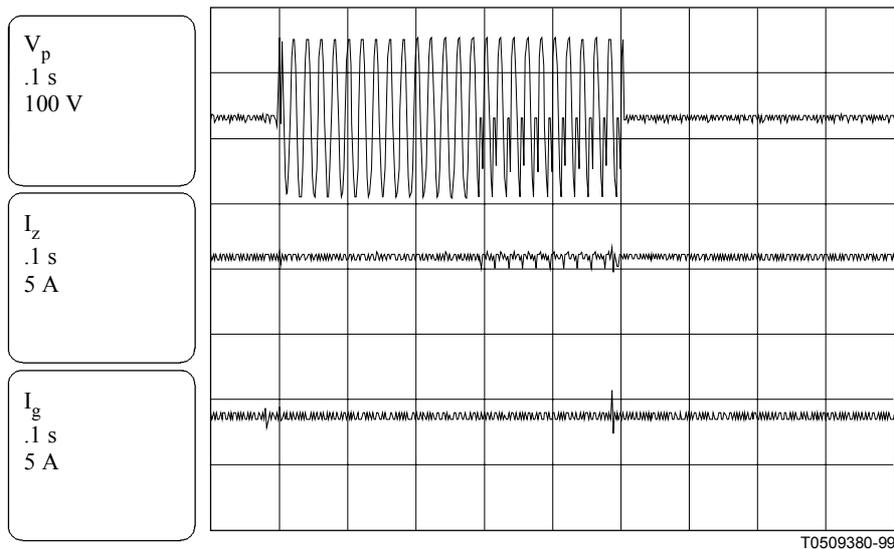


Figura I.1-11/K.44 – $U_{c.a.} = 102 V_{eff}$, el protector inherente de conmutación empieza a funcionar

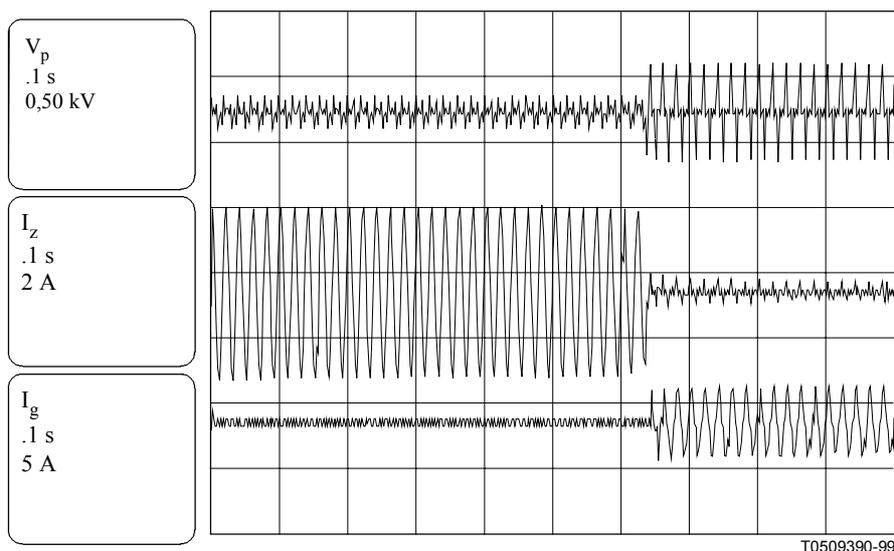


Figura I.1-12/K.44 – $U_{c.a.} = 366 V_{eff}$, PTC en funcionamiento

I.1.4 Contacto con líneas de energía

Al contacto con líneas de energía puede haber descargas de la amplitud de la tensión de la red. La tensión máxima es nominalmente $240 V_{eff}$. Se considera que la resistencia de la fuente del equipo está comprendida entre 10Ω y 1000Ω .

El contacto directo con líneas de energía puede ocurrir a través de líneas de la red o fallos del cable, CPE defectuosos o no homologados, o por otras causas. Es posible que el contacto no haga funcionar un interruptor de circuito del sistema de energía. Las corrientes c.a. resultantes del contacto directo pueden hacer que la protección eficaz sea difícil y costosa. Habida cuenta de que estos acontecimientos son raros, no se exige que los equipos resistan a las sobretensiones o sobrecorrientes producidas por los contactos directos, sino que fallen de manera aceptable.

durante la prueba. La terminación de los puertos no sometidos a prueba puede simularse conectando el puerto a equipos asociados o distantes, o añadiendo la impedancia o resistencia de terminación apropiadas. El SPD puede estar dentro del equipo sometido a prueba, fuera de él, dentro del equipo asociado o fuera del mismo. Los SPD pueden simularse conectando el puerto a SPD apropiados.

La figura I.1-15 es un ejemplo posible.

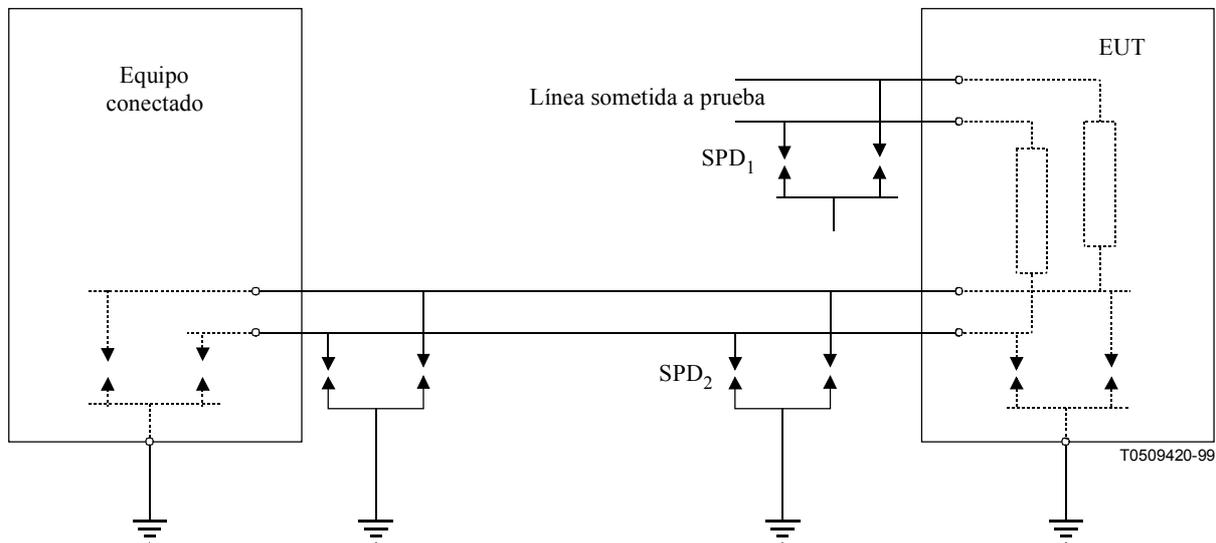


Figura I.1-15/K.44 – Terminaciones y SPD en el equipo

Al proveer el equipo de terminaciones o añadirle SPD, es preciso tener en cuenta los aspectos siguientes:

- 1) Cuando hay un posible trayecto de baja impedancia entre el puerto sometido a prueba y un puerto no sometido a prueba, es necesario considerar la posibilidad de instalar un protector en este último. Esto se hace utilizando un protector de prueba especial en el puerto sometido a prueba y un protector con la tensión c.c. de cebado permitida mínima en el puerto no sometido a prueba.
- 2) Cuando hay más de un tipo de puerto no sometido a prueba, debe proveerse de terminación o añadirse SPD únicamente a un tipo de puerto no sometido a prueba a la vez. La razón de esto es que un trayecto de baja impedancia hacia un tipo de puerto no sometido a prueba puede impedir que la corriente circule hacia otro tipo de puerto no sometido a prueba.
- 3) Cuando un puerto puede conectarse internamente a otro puerto, por ejemplo en algunas condiciones de funcionamiento o en algunas condiciones de fallo de la alimentación de energía, este puerto debe someterse a prueba con el otro puerto provisto de terminación y protegido.
- 4) Cuando el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, es necesario retirar el GDT en el puerto sometido a prueba, y sustituirlo por el protector de prueba descrito en 8.2, 8.3 y 8.4. Esto tiene por objeto garantizar el logro de la coordinación. Durante la prueba de este puerto, el protector integral debe dejarse *in situ* para los puertos no sometidos a prueba. Si este componente no puede retirarse, todas las pruebas se realizarán con la protección suministrada y el fabricante deberá proporcionar un informe de prueba para mostrar que se han llevado a cabo las pruebas inherentes y de coordinación con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

- 5) Puede ser necesario realizar pruebas con las siguientes cuatro combinaciones de terminación y SPD en los puertos no sometidos a prueba:
- a) sin terminación ni protector;
 - b) sin terminación, añadiendo un protector;
 - c) sin protector, añadiendo una terminación;
 - d) con un protector y una terminación.

I.1.6 Conexiones de prueba para los equipos puestos a tierra y los equipos no puestos a tierra

Véanse las figuras I.1-16 e I.1-17.

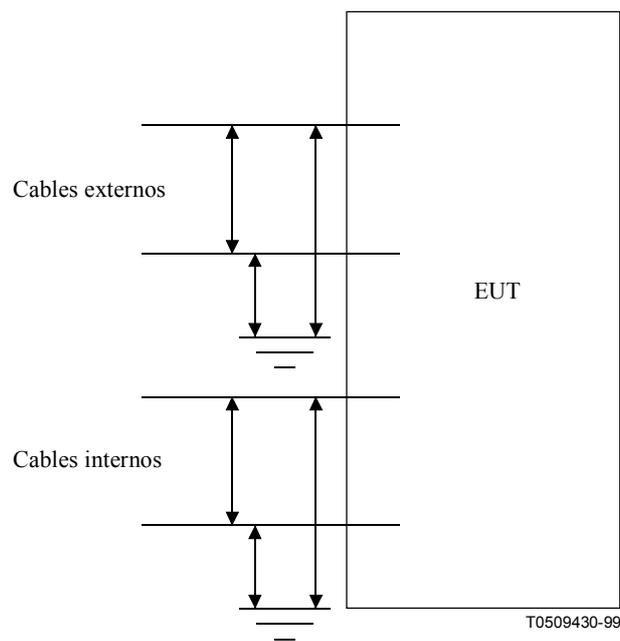


Figura I.1-16/K.44 – Conexiones de prueba para equipos puestos a tierra

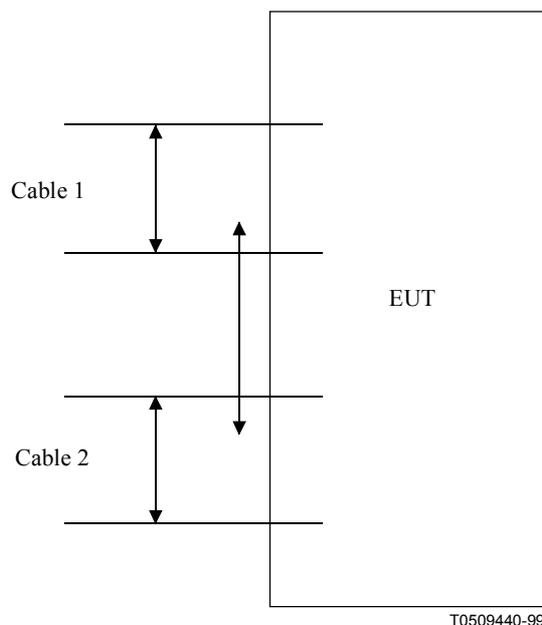


Figura I.1-17/K.44 – Conexiones de prueba para equipos no puestos a tierra

I.2 Gama de niveles para las pruebas relativas a las descargas del rayo y a la inducción debida a líneas de energía

I.2.1 Rayo

I.2.1.1 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente

La gama de tensiones de prueba utilizada en las Recomendaciones específicas relativas a los niveles de prueba de la inmunidad inherente podría estar comprendida entre 1,0 kV y 5,0 kV. Tradicionalmente se ha utilizado una tensión de prueba de 1,0 kV en los grandes edificios de telecomunicación. Esto se debe a que la mayoría de las descargas son inferiores a 1,0 kV, y a que es relativamente fácil instalar una protección primaria fiable en el MDF cuando se necesita. Una cifra de hasta 5,0 kV podría tenerse en cuenta para los CPE, ya que están situados en un entorno mucho menos controlado y es mucho más difícil instalar GDT.

I.2.1.2 Niveles para las pruebas relativas a la coordinación

El nivel de prueba máximo para el requisito de coordinación ha sido tradicionalmente de 4,0 kV. No obstante, recientes medidas han mostrado que en la realidad ocurren descargas superiores a 7,0 kV. Se permite un nivel de prueba facultativo de hasta 10,0 kV. El valor de dU/dt aumenta al aumentar la tensión. Esto da lugar a una mayor tensión de activación del protector primario y mayores corrientes de carga capacitiva en el equipo.

I.2.2 Niveles para las pruebas relativas a la inducción debida a las líneas de energía

I.2.2.1 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente

Tradicionalmente el nivel ha sido de $0,2 \text{ A}^2\text{s}$ para los equipos en centros de telecomunicaciones y los CPE. Con la liberalización de las instalaciones de cliente, la utilización de protección primaria es más incierta y puede ser necesario aumentar el nivel para los CPE, por ejemplo, a $1,0 \text{ A}^2\text{s}$.

I.2.2.2 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente/coordinación

Tradicionalmente el nivel de la prueba, para la prueba con protección primaria, era de $1,0 \text{ A}^2\text{s}$. Se ha introducido un nivel de prueba mejorado de $10 \text{ A}^2\text{s}$ para tener en cuenta que algunos países tienen niveles más altos de inducción debida a las líneas de energía, un nivel máximo de inducción debida a las líneas de energía en las líneas cortas (200Ω) o la necesidad de un mayor grado de servicio debido al cambio de los requisitos reglamentarios.

El método de especificar los requisitos del equipo puede tener que ser diferente. En la Recomendación K.20 (1996) se especificaba una $U_{c(\text{máx})}$ de 600 V a través de 600Ω durante 1 segundo. Mediciones realizadas han mostrado que la gama de tiempo durante el cual circula la corriente debida al fallo está comprendida entre 0 y 3,2 segundos y que el flujo de corriente en un circuito de telecomunicación puede variar de 0 a 9 A_{eff} (véase la figura I.1-8). Las pruebas realizadas en un resistor han mostrado que su índice de energía específica disminuye al aumentar la corriente para una energía específica constante. Esto muestra que la prueba relativa a la inmunidad inherente/coordinación debe realizarse con la corriente máxima que se produce.

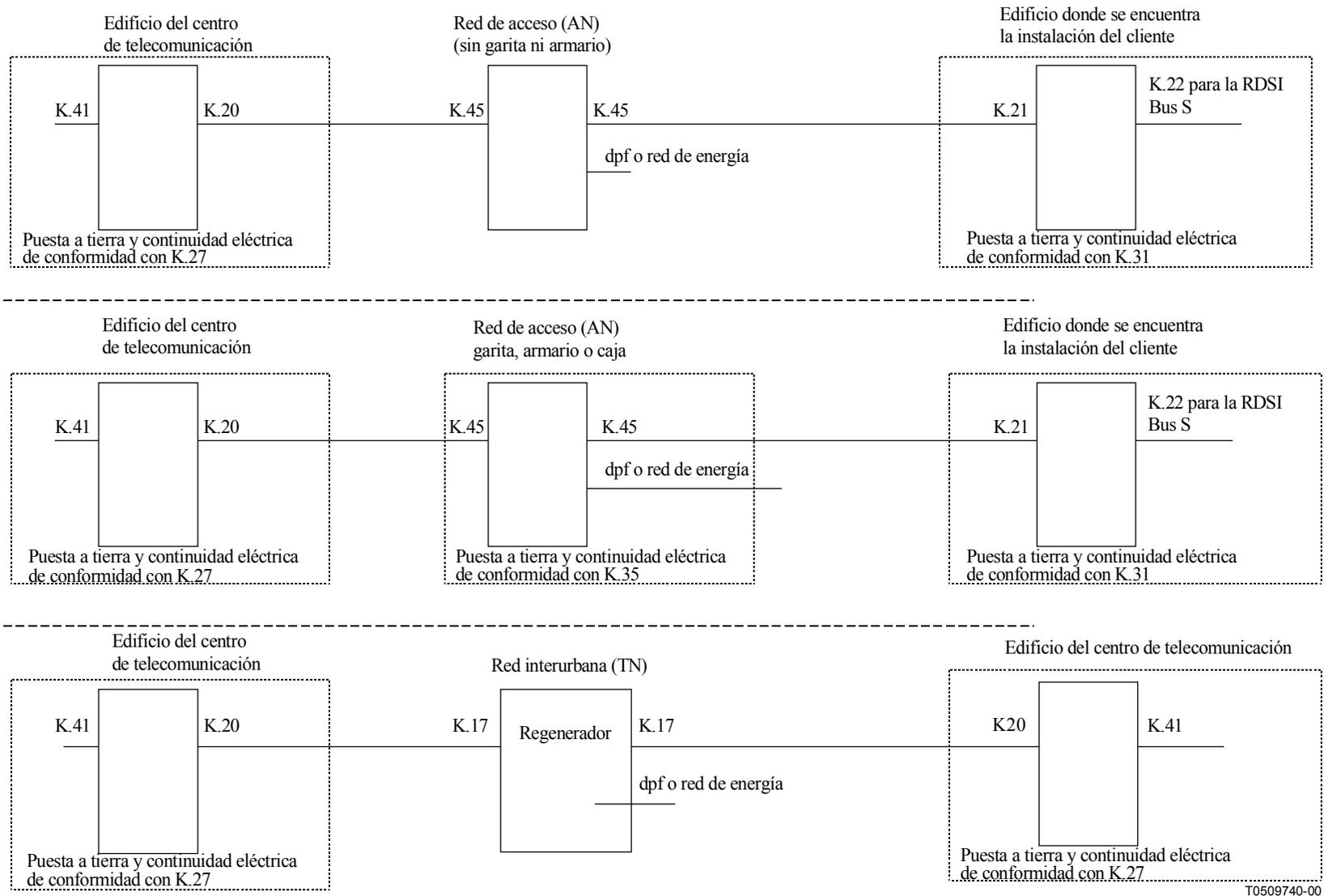
I.3 Relación entre la Recomendación K.44 y otras Recomendaciones genéricas/específicas

La Recomendación K.20 se refiere al equipo instalado en un centro de telecomunicación. En la Recomendación K.27 se describe un sistema de puesta a tierra y una estructura metálica apropiados, de suerte que el entorno no esté tan expuesto. Sin embargo, debido al gran número de cables de telecomunicaciones, la corriente total que circule en el edificio será grande.

La Recomendación K.21 se refiere al equipo instalado en una instalación de cliente cuyo sistema de puesta a tierra y continuidad eléctrica es mediocre. La resistencia con respecto a tierra puede ser alta o puede no haber sistema de puesta a tierra.

La Recomendación K.45 se refiere al equipo instalado entre el centro de telecomunicación y el edificio donde está ubicada la instalación del cliente. El sistema de puesta a tierra no es tan bueno como en un centro de telecomunicación, pero el sistema está bajo el control del operador. Hay ciertas ventajas en el hecho de que la pequeña estructura permite una continuidad eléctrica equipotencial ideal.

En la figura I.3-1 se ilustra el ejemplo de la ubicación del equipo y las Recomendaciones que deben aplicarse. Si el equipo se utiliza en más de un sitio, debe probarse de conformidad con todas las Recomendaciones pertinentes.



T0509740-00

Figura I.3-1/K.44 – Ejemplo de configuración de una red de telecomunicación que muestra la frontera entre un centro de telecomunicaciones, la red de acceso y las instalaciones del cliente

APÉNDICE II

Información suplementaria para los fabricantes y operadores

II.1 Introducción

La siguiente información está siendo estudiada en el UIT-T. Se suministra en este apéndice a efectos de información de los fabricantes y operadores y con el fin de promover la discusión sobre estos temas.

II.2 Coordinación de la protección primaria

Los efectos del funcionamiento de la protección primaria se describen en la Recomendación K.11.

Para garantizar la coordinación de los componentes de protección con el equipo, es necesario comprobar que:

- 1) el equipo no resulta averiado por las tensiones del caso más desfavorable que pueden aparecer entre los terminales de entrada y entre un terminal de entrada y la referencia de tierra del equipo;
- 2) el equipo no será afectado ni sufrirá interferencias debidas al funcionamiento de la protección primaria en toda la gama de las tensiones de descarga.

El funcionamiento de la protección primaria de tipo conmutación tiene dos efectos:

- limita la tensión máxima aplicada al equipo y, por consiguiente, dependiendo de la impedancia interna del equipo, limita la corriente máxima que el equipo deberá resistir;
- produce un cambio de tensión y corriente muy rápido, que, debido a efectos inductivos o capacitivos, puede alcanzar las partes sensibles del equipo que no están aparentemente expuestas a las tensiones de las líneas.

II.2.1 La protección primaria no funciona

Para las tensiones de descarga, debe prestarse atención al valor de las corrientes que circulan en la red de cableado interno. Las altas corrientes en la red de cableado interno pueden perturbar otros equipos. La Recomendación K.27 describe la puesta a tierra y la continuidad eléctrica dentro de un edificio de telecomunicación, y la Recomendación K.11 aborda la coordinación con los dispositivos de protección eléctrica.

II.2.2 La protección primaria sí funciona

La simulación de las descargas producidas por el rayo requiere que se preste especial atención a:

- un cambio de la tensión de funcionamiento de los GDT con la velocidad de aumento de la tensión;
- las diferencias de potencial en el bastidor de protección y en el cableado de puesta a tierra asociado a causa de un alto flujo de corriente;
- los valores elevados de dU/dt , causados por el funcionamiento del GDT, que pueden afectar a los componentes sensibles o provocar un funcionamiento defectuoso (bloqueo del equipo o daño de los datos en las memorias).

Para comprobar la coordinación con la protección primaria debe prestarse atención a los principios de funcionamiento del GDT. En primer lugar, la tensión de activación de $10/700 \mu s$ del GDT, véase la figura I.1-4 es generalmente más alta que la tensión de activación c.c., pero generalmente inferior a la tensión de activación de $1 \text{ kV}/\mu s$. En segundo lugar, la tensión de activación c.c., y por consiguiente la tensión de activación de $10/700 \mu s$, puede variar considerablemente para el mismo tipo de protector. Por ejemplo, la tensión de activación c.c. de un GDT de 230 V puede variar de 180 V a 300 V (K.12).

Por estos motivos, la coordinación de la protección primaria se comprueba reemplazando el protector primario acordado por un protector de prueba especial. La tensión de activación c.c. del protector de prueba especial debe ser igual a 1,15 veces la tensión de activación c.c. máxima especificada del protector primario acordado. La tolerancia de la tensión de activación es de $\pm 5\%$. Para un protector primario de 230 V, la tensión de activación del protector de prueba especial es de $345 \text{ V} \pm 17 \text{ V}$. Este protector de prueba se utiliza para las pruebas relativas al rayo, a la inducción debida a líneas de energía y al contacto con líneas de energía. El protector de prueba especial debe tener una característica similar a la del protector primario acordado.

II.2.3 Principios de la coordinación

En la Recomendación K.11 se estipula que:

- no existe ningún dispositivo con las características para suprimir idealmente todas las tensiones y corrientes vinculadas con las perturbaciones;
- a veces es necesario utilizar más de un dispositivo de protección.

Por lo general, los dispositivos de alta corriente funcionan lentamente y existe una tensión residual. Los dispositivos semiconductores de funcionamiento rápido funcionan suficientemente rápido pero sirven únicamente para energías más pequeñas que los dispositivos de alta corriente. Por tanto, es necesario disponer de un circuito en escalera para reducir la energía de la descarga paso a paso hasta el nivel en que es inofensiva para el equipo. Este tipo de protección se denomina protección multietapas.

En la figura II.2-1a se ilustra el principio de la protección mediante un circuito en escalera.

Se aplica un protector primario en la frontera, por ejemplo, en un MDF exterior con relación al EUT. La mayor parte de la energía es desviada a tierra en este punto. En el interior del EUT, un protector inherente desvía la energía residual del protector primario. Puede asimismo haber, dentro del EUT, un tercer protector que forma parte de la caja negra.

Es importante que haya resistencia entre los protectores para que no se conecten directamente uno a otro; entonces, el circuito se asemeja a una escalera. Teniendo en cuenta la coordinación entre la protección primaria y la protección inherente, debe haber una resistencia R_{in} . Esta R_{in} es virtualmente la misma que la resistencia de entrada del EUT cuando el protector inherente, como por ejemplo un dispositivo PNP o un diodo, se enciende y conecta la R_{in} a tierra. En la figura II.2-1b se muestra el circuito equivalente cuando el protector inherente entra en funcionamiento. Si no hay resistencia entre el protector primario y el protector inherente, sólo funcionará el protector que tenga la tensión de activación más baja. En este caso, funciona únicamente el protector inherente e impide el funcionamiento del protector primario, de suerte que no hay coordinación. La R_{in} es necesaria para aumentar la tensión en el protector primario lo suficiente para hacer que éste funcione.

El asunto es que el protector inherente se activa generalmente a una tensión más baja que el protector primario que está en el MDF. En un primer momento, la corriente circula en la caja negra y genera una tensión en el protector inherente, que se activa. Luego, la corriente que circula a través de R_{in} y el protector inherente genera la tensión en el protector primario.

Por consiguiente, el protector inherente no es un dispositivo secundario, sino esencial, ya que por lo general funciona antes que el protector primario y protege los componentes siguientes. La caída de tensión en la resistencia de coordinación, debida a la corriente que circula en el protector inherente, hace funcionar el protector primario, por el que pasa la mayor parte de la energía de la descarga a tierra.

En un circuito tradicional que utiliza un transformador voluminoso o una bobina dentro del EUT, es posible que no haya protector inherente. La suma de las resistencias, $R_{in} + R_e$, es lo suficientemente alta para que el protector primario entre en funcionamiento sin que entre mucha corriente en el EUT. En la figura II.2-1c se muestra dicho circuito equivalente.

Si hay un protector inherente, como por ejemplo un SPD semiconductor en el EUT, generalmente funciona más rápido que el protector primario que está en el MDF. Si no hay resistencia entre el protector primario y el protector inherente, el funcionamiento del protector inherente perturba el funcionamiento del protector primario. La coordinación se logra cuando hay una resistencia suficiente entre los protectores, y la caída de tensión en la resistencia permite a la protección primaria funcionar correctamente. Cuando la coordinación se diseña correctamente, el EUT no sufre daños hasta el nivel de prueba máximo. Por encima de dicho nivel, el protector primario debe funcionar para las descargas del rayo.

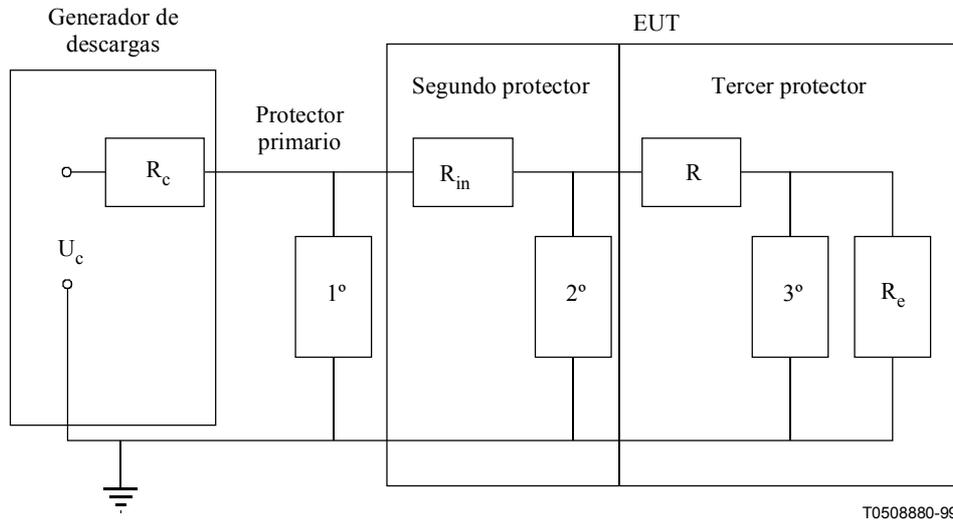


Figura II.2-1a/K.44 – Principio de protección por circuitos en escalera

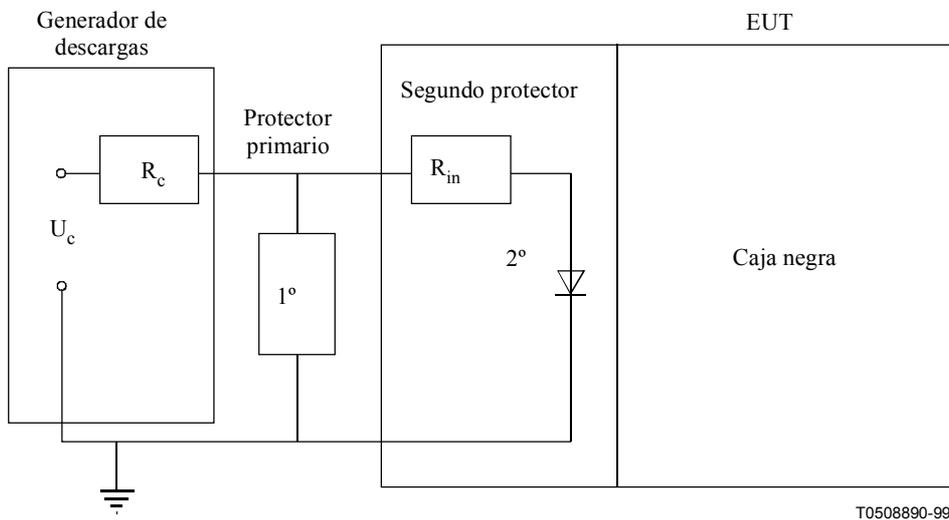


Figura II.2-1b/K.44 – Circuito equivalente cuando se activa el segundo protector

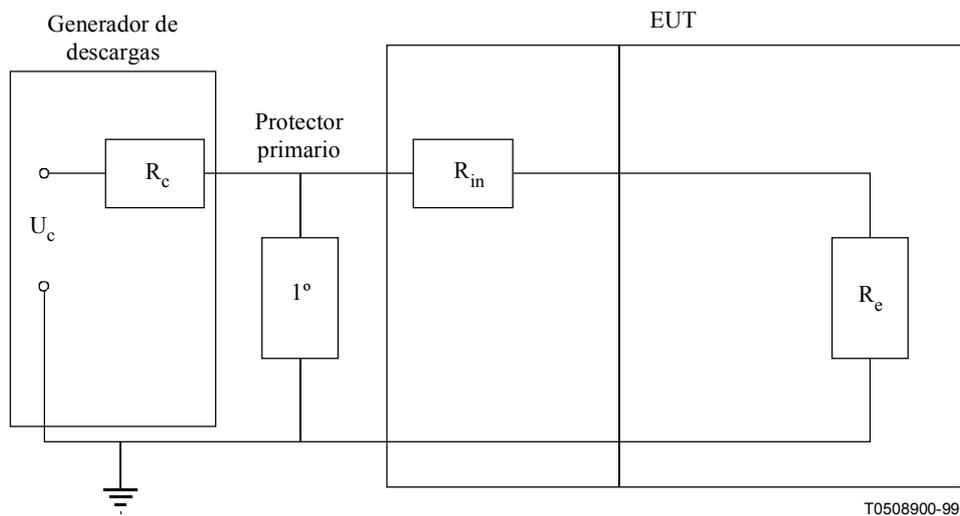


Figura II.2-1c/K.44 – Circuitos robustos sin el segundo protector

II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo

II.3.1 Generalidades

La tensión de activación de un GDT depende de dU/dt . Si R_p es conocida, dU/dt de U_{si} puede calcularse mediante una simulación de transitorios SPICE. La tensión de activación real de cada situación puede simularse utilizando la tensión de activación en función de la información sobre dU/dt de la hoja de datos del GDT. La figura II.3-3 ilustra los resultados de la simulación para un cable de MDF de 1 m entre el GDT y el equipo y un cable de MDF a tierra de 1 m. Muestra que el GDT funciona a una tensión superior durante un periodo de tiempo más corto cuando U_c es alta. Si U_c es pequeña, el GDT funciona a una tensión más baja durante un periodo de tiempo más largo.

La figura II.3-4 ilustra la misma simulación, pero con un cable de MDF de 10 m entre el GDT y el equipo y un cable del MDF a tierra de 10 m. La inductancia del cable del MDF de 10 m y del cable a tierra de 10 m es de casi $10 \mu\text{H}$. La inductancia total de $20 \mu\text{H}$ puede ser un filtro paso bajo eficaz para la tensión residual en caso de descarga causada por el funcionamiento del GDT. El cable del MDF suprime la alta cresta dU/dt causada por el funcionamiento del GDT. La simulación muestra que el hilo de prueba entre el generador de descargas y el EUT debe ser corto, por ejemplo de menos de 2 m.

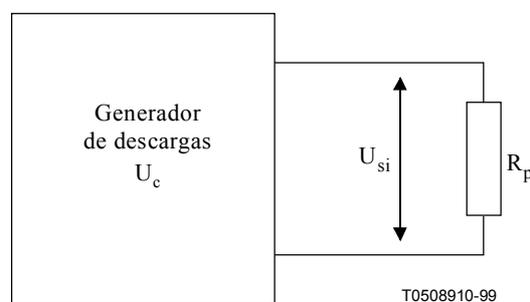


Figura II.3-1/K.44 – Modelo para calcular dU/dt de U_{si}

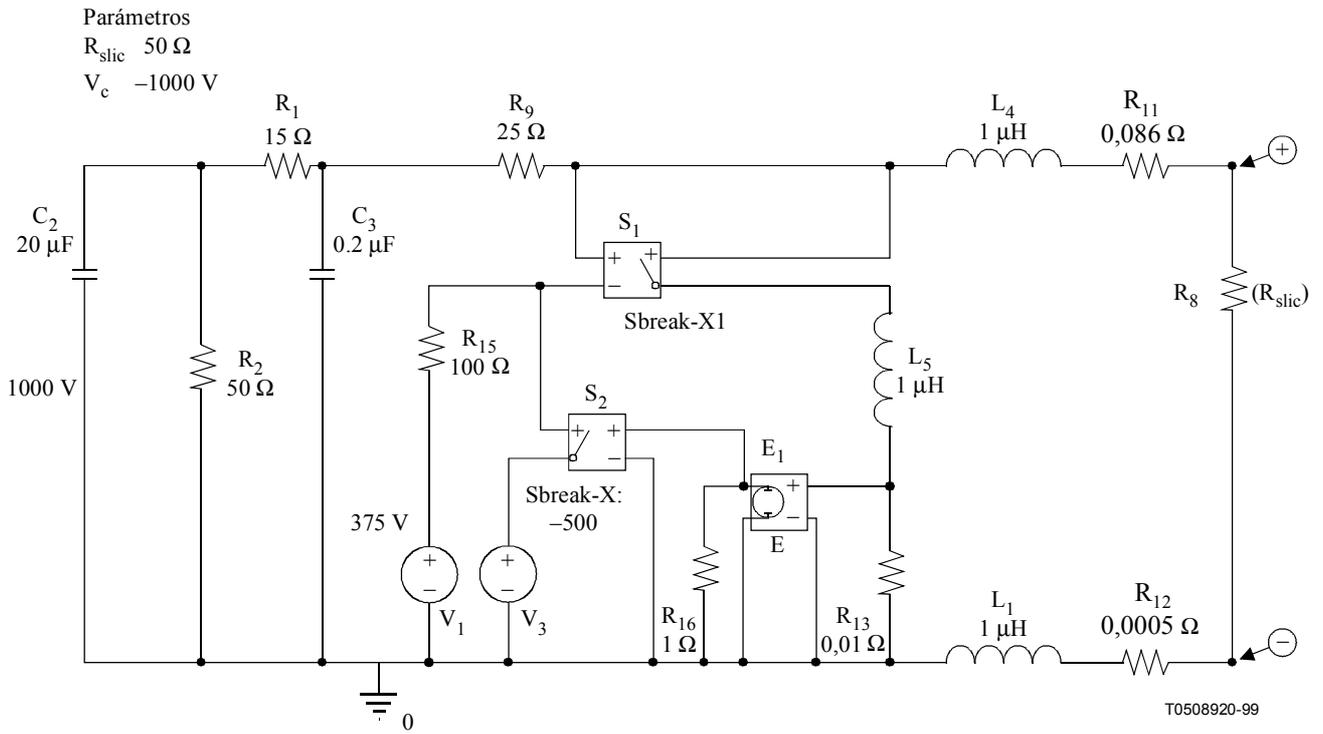


Figura II.3-2/K.44 – Modelo Pspice utilizado para calcular la tensión reducida a la entrada del equipo debida a la impedancia del cable MDF

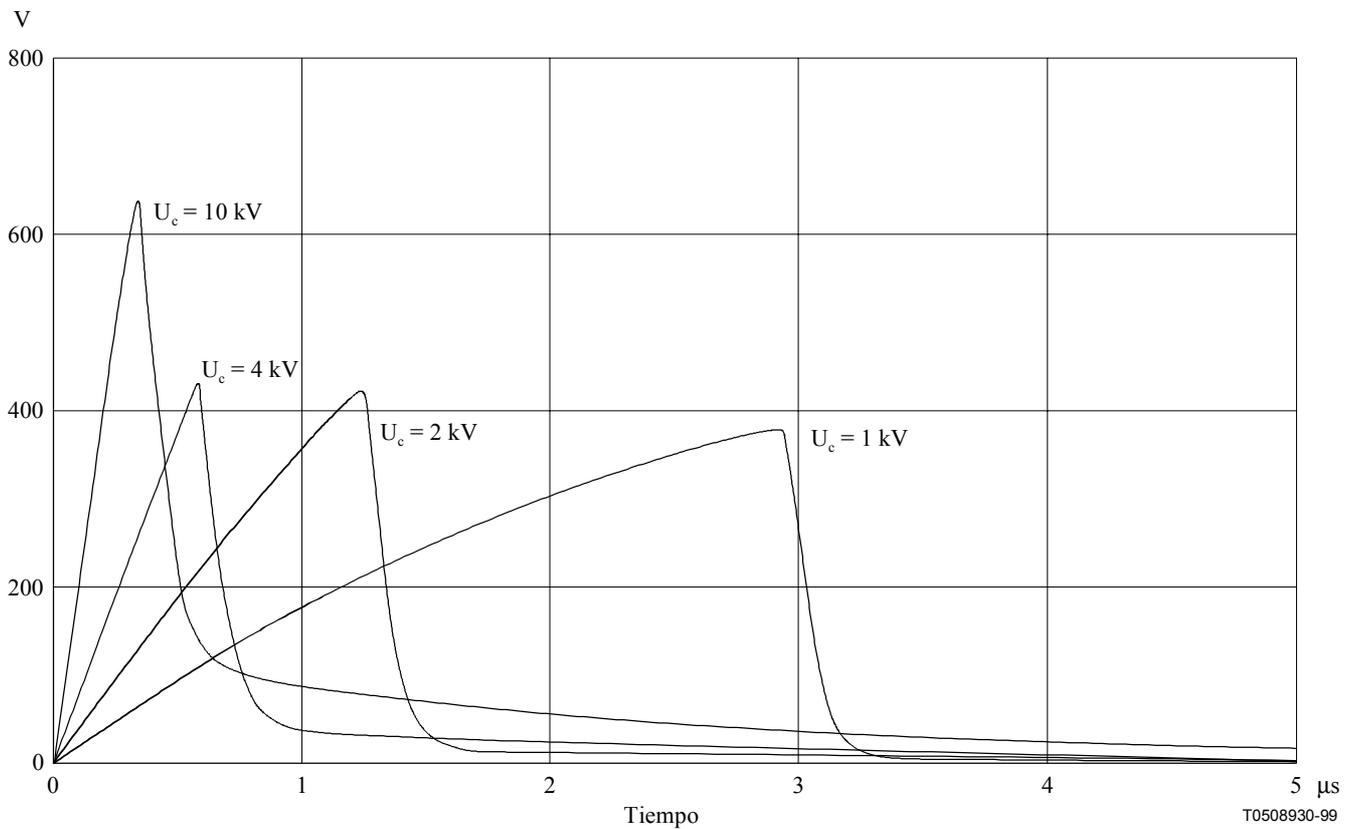


Figura II.3-3/K.44 – El cable del MDF es de 1 m

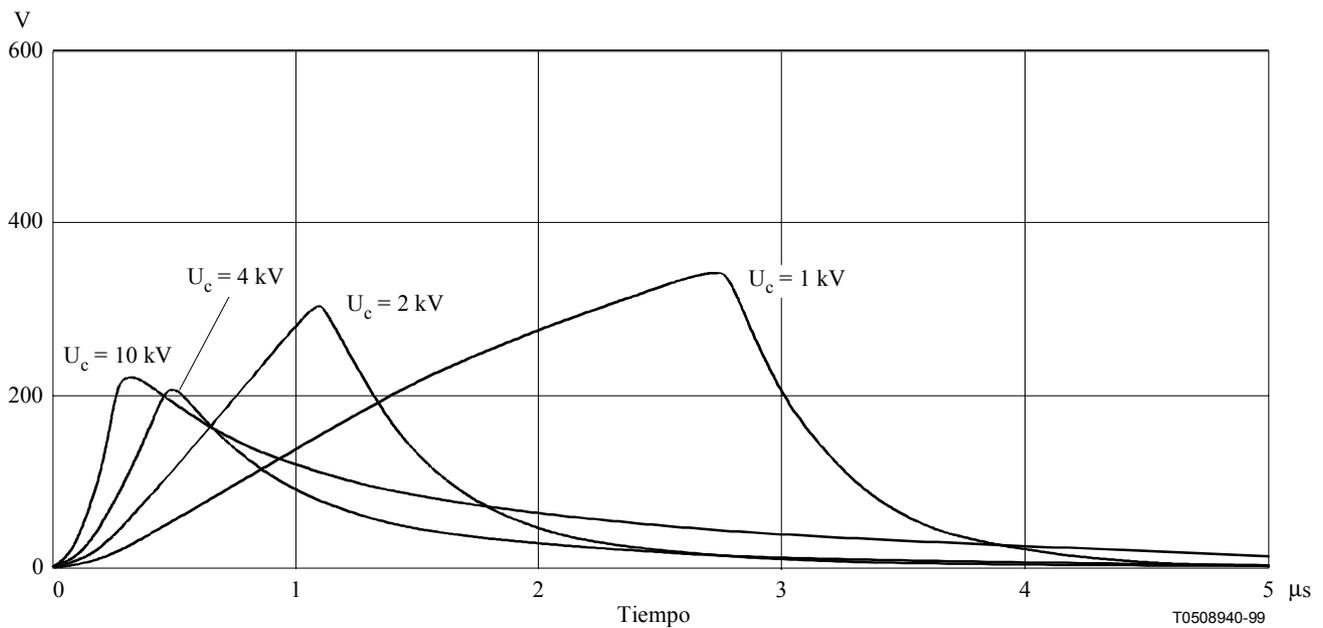


Figura II.3-4/K.44 – El cable del MDF es de 10 m

II.3.2 Caída de tensión por el hilo a tierra del MDF

La inductancia del cable del MDF entre el protector primario y el EUT tiene un buen efecto para las grandes descargas dU/dt , pero la inductancia del cable de tierra del MDF tiene el efecto opuesto. Esto es **especialmente** cierto cuando se considera que la corriente procedente de todos los GDT que han funcionado circula en el cable de tierra del MDF. La inductancia es una función de la longitud del cable y no varía mucho con el diámetro del cable. La longitud del cable de tierra del MDF no puede ser nula, de manera que siempre hay inductancia. La caída de tensión causada por el cable de tierra del MDF se debe a la descarga de corriente que circula después de que el GDT funciona. La caída de tensión por el cable de tierra del MDF aparece a la entrada del equipo, de suerte que es necesario que haya una configuración de continuidad eléctrica que tenga la inductancia y resistencia mínima posible. La figura II.3-5 ilustra el sitio en que existe inductancia del cable de tierra del MDF.

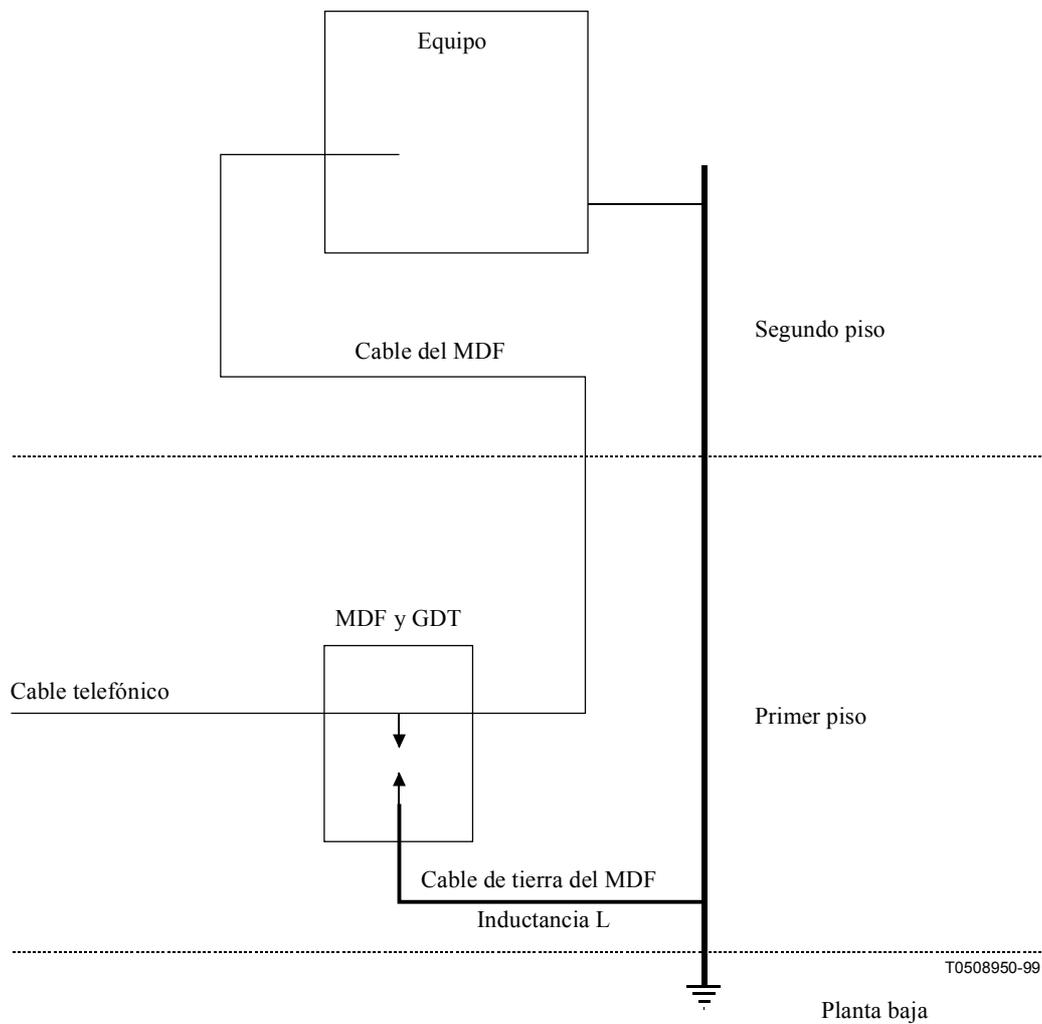


Figura II.3-5/K.44 – Inductancia del cable de tierra del MDF

Cuando el cable de tierra del MDF tiene una longitud significativa, tal como se muestra en la figura II.3-5, conviene disponer de múltiples cables o de una configuración en malla.

Si hay N cables conectados por separado, la inductancia se reducirá en un factor de aproximadamente $1/N$. Véase la figura II.3-6.

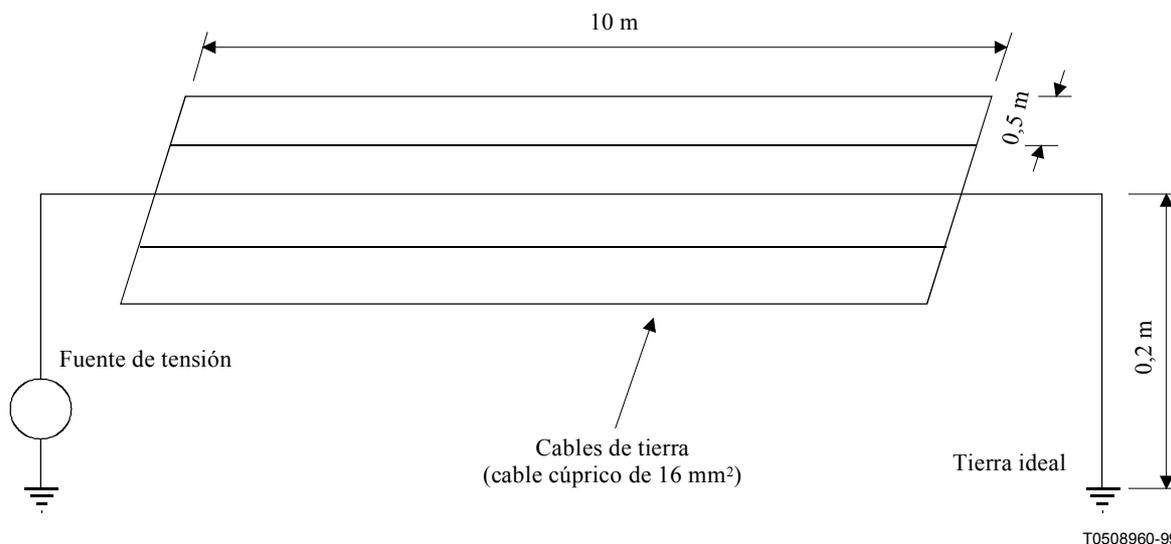


Figura II.3-6/K.44 – Utilización de múltiples hilos de tierra para reducir la inductancia

En el cuadro II.3-1 se muestra la inductancia calculada utilizando la simulación ACCUFIELD.

Cuadro II.3-1/K.44 – Inductancia en función del número de conductores

N (número de conductores)	Inductancia total
1	10,89 μ H
2	6,16 μ H
3	4,39 μ H
5	3,05 μ H

II.3.3 Prueba relativa a la caída de la tensión con respecto a tierra

Cuando hay un bastidor de protección externo y/o un hilo de tierra que lo conecta a la barra de puesta a tierra, las altas corrientes que circulan en el bastidor de protección o el hilo de tierra causarán una caída de tensión a la entrada del equipo (véase la figura II.3-7).

En el Reino Unido y Australia se han observado los daños debidos a la caída de la tensión de tierra.

II.3.3.1 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra (Reino Unido)

Algunos sistemas de conmutación pequeños instalados en las instalaciones de los clientes han sufrido daños debido a la diferencia de potencial creada por los hilos de puesta a tierra del equipo de protección y conmutación. La puesta a tierra del dispositivo de protección pasaba generalmente por una ruta indirecta hacia el terminal de tierra principal. La tierra de protección del equipo estaba conectada a la tierra del sistema de alimentación de energía y, por consiguiente, al terminal de tierra principal. Debido a diferencias de impedancia, se generaba una gran diferencia de potencial entre los terminales de línea del equipo y la tierra de protección del equipo. Esto daba lugar a un pequeño arco de los circuitos al bastidor del equipo, que resultaba averiado. La solución fue colocar la protección lo más cerca posible del equipo mediante los protectores correctos de descarga disruptiva c.c., de modo que la alimentación principal no pudiera llegar hasta la línea en caso de producirse una falla de la alimentación de energía que incida sobre la tierra del equipo.

II.3.3.2 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra en las instalaciones del cliente (Australia)

En Australia el rayo ha causado muchos daños a pequeños sistemas de conmutación de cliente como resultado de diferencias de potencial en la línea de telecomunicación y la alimentación de energía principal debido a la longitud del hilo entre el bastidor de protección y el terminal de tierra principal. Cuando no era posible reducir la longitud del hilo a menos de unos cuantos metros, hubo que instalar en el equipo una unidad de protección combinada del equipo de telecomunicaciones y del puerto de alimentación. Estas unidades de protección son muy costosas, alrededor de 150 USD.

II.3.3.3 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra en un centro de telecomunicaciones (Australia)

Telstra ha experimentado daños a los equipos instalados en centros de telecomunicaciones y protegidos mediante protección primaria. La investigación del problema mostró que se producía una falla de aislación entre los cables del MDF y el bastidor del equipo. La tensión de disrupción entre el hilo y el bastidor era de aproximadamente 1,5 kV para una forma de onda de 10/700 μ s. Esto prueba de modo fehaciente que, en la práctica, pueden ocurrir caídas de tensión de tierra de 1,5 kV y más. En lugar de cambiar el cableado de tierra en la central, se utilizaron equipos diferentes para realizar la función. Estas centrales se ponen a tierra de conformidad con K.27 y el equipo está en una red de continuidad eléctrica aislada. Es necesario que haya un enfoque equilibrado entre las prácticas de instalación, la inmunidad del equipo y la adición de protección externa.

II.3.3.4 Prueba posible relativa a la inmunidad con relación a la caída de la tensión de tierra

Como se muestra en II.3.2, la tensión más importante se produce cuando se utiliza un solo hilo de tierra para conectar el bastidor de protección a la barra de puesta a tierra. La caída de tensión de tierra es menos problemática en el bastidor de protección gracias a los conductores en paralelo del bastidor y también es menos problemática cuando se utilizan varios hilos de puesta a tierra para conectar el bastidor a la barra de puesta a tierra.

Esta prueba no es aplicable si se verifican una o varias de las condiciones siguientes:

- el conductor de referencia de tierra del equipo está conectado a la base del bastidor de protección;
- se utilizan cables blindados entre el bastidor de protección y el equipo;
- se utiliza un sistema de puesta a tierra en malla;
- el bastidor de protección está conectado directamente a la red de continuidad eléctrica común mediante conductores cortos (< 1 m).

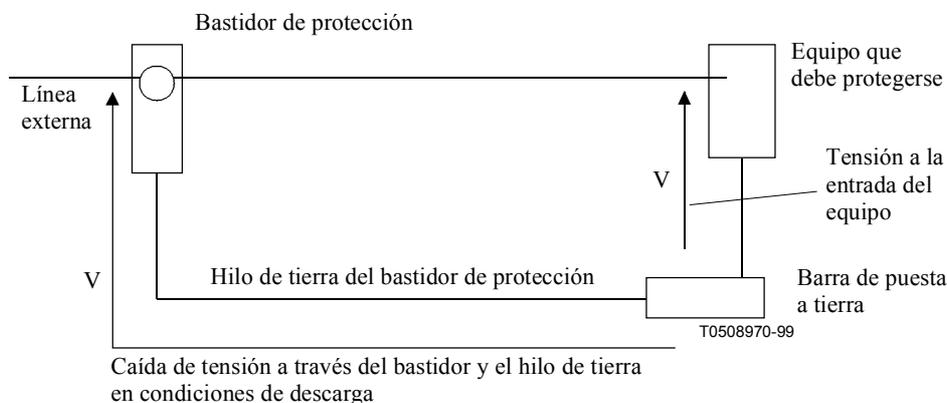


Figura II.3-7/K.44 – Caída de tensión a través de los hilos de tierra

El cuadro II.3-2 y el generador de la figura II.3-9 se basan en la descarga de prueba 4, especificada en 4.5.7 de la especificación Bellcore GR1089 CORE. La prueba de Bellcore se utiliza ampliamente en Norteamérica. Tiene una amplitud de cresta máxima en circuito abierto de 2,5 kV.

En la figura II.3-8 se muestra la tensión de descarga aproximativa generada por una corriente de altas crestas conducida en un hilo de continuidad eléctrica.

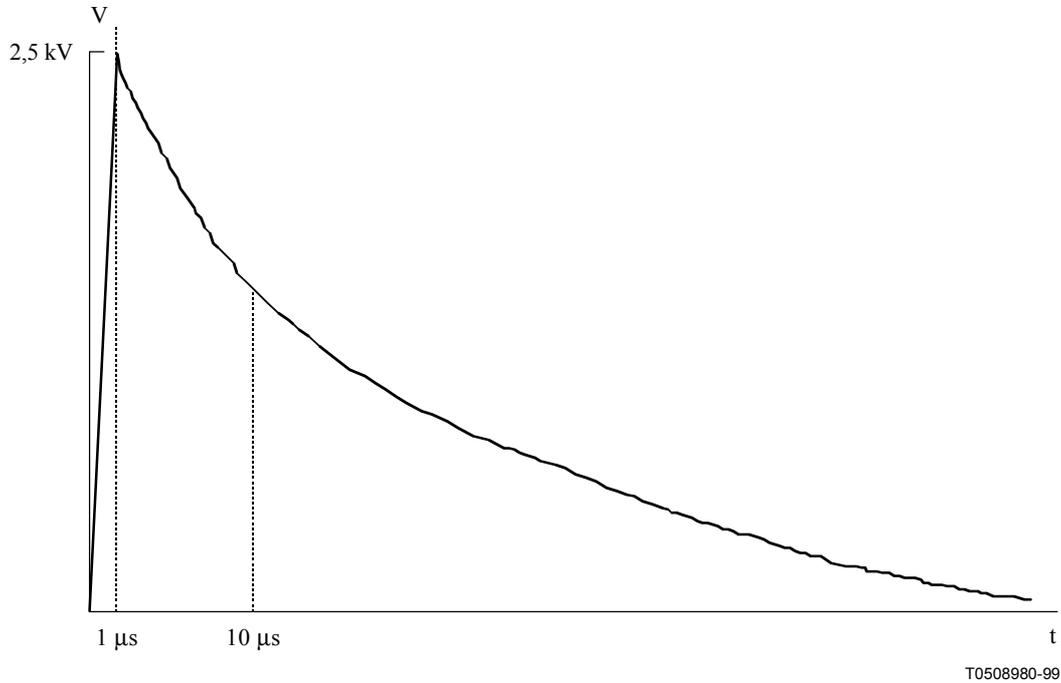


Figura II.3-8/K.44 – Caída de tensión con respecto a tierra

El circuito de la figura II.3-9 produce una forma de onda de 2/10 μs y puede utilizarse para reproducir este efecto.

En el cuadro II.3-3 se da una magnitud aproximativa de la tensión que puede producirse.

Cuadro II.3-2/K.44 – Tensión de prueba

Descripción	$U_c(\text{máx})$
Bastidor externo de gran tamaño, con un pequeño número de conductores de bajada o un hilo de tierra largo (< 10 m) en un edificio o en una garita de gran tamaño	2,5 kV
Bastidor externo en un armario con un solo hilo de tierra de longitud mediana (< 3 m)	1,5 kV
Bastidor externo pequeño con un hilo de tierra corto (< 0,5 m)	No es necesario efectuar la prueba. Se supone que la tensión a la entrada del equipo es inferior a la de las pruebas 1.1 y 1.2 del cuadro 1a/K.45.

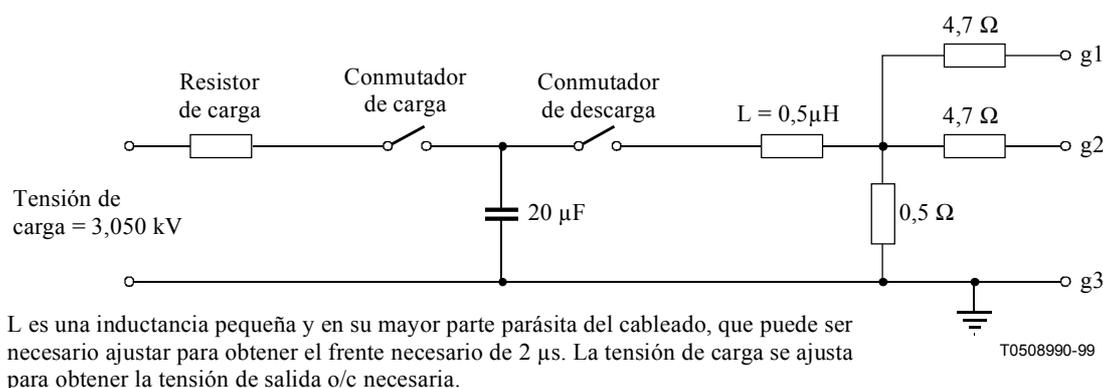


Figura II.3-9/K.44 – Generador de descarga de corriente de 2/10 µs

Cuadro II.3-3/K.44 – Prueba relativa a la caída de tensión con respecto a tierra

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba	Nivel de la prueba	N.º de pruebas	Protección primaria acordada	Criterios de aceptación	Comentarios
1.1	Caída de tensión por el hilo de puesta a tierra	Figuras II.3-9 y A.5.1-1	Véase el cuadro II.3-2	5	5 de cada polaridad	A	Se aplica únicamente a los equipos en que hay un bastidor de protección de gran tamaño y/o un solo hilo de puesta a tierra entre la protección primaria y el punto de tierra común.

II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal

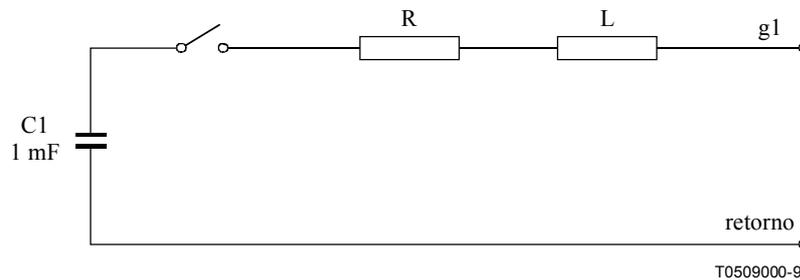
Cuando el rayo golpea un edificio o una garita que alberga equipos de telecomunicaciones, la forma de onda de la corriente es considerablemente más larga que la forma de onda de 8/20 µs tradicionalmente utilizada para probar los puertos de alimentación de energía principal. Recientes estudios realizados en Alemania han mostrado que la forma de onda de la corriente generada cuando el rayo golpea directamente puede tener un valor mitad de hasta 350 µs. Las pruebas realizadas en alimentaciones de energía han mostrado que una cola de 350 µs puede causar daños, a diferencia de una cola de 20 µs. Por tanto, se propuso utilizar el valor 10/350 µs para comprobar la coordinación de la protección primaria con el equipo sometido a prueba. Durante las discusiones al respecto en el UIT-T no pudo llegarse a un acuerdo sobre esta prueba. Esta prueba queda en estudio. La prueba relativa a la coordinación en las Recomendaciones genéricas requiere una forma de onda de 8/20 µs.

La prueba propuesta figura en el cuadro II.4-1.

Cuadro II.4-1/K.44 – Prueba relativa a la coordinación para los puertos de alimentación de energía principal destinada a simular el caso de un rayo que golpea directamente el edificio o la garita

1.x.b	Rayo directo Puerto de alimentación de energía principal Coordinación Transversal	Figuras II.4-1 y II.4-2	$U_{c(m\acute{a}x)} = 5 \text{ kA}$ por conductor $R = 0,5 \Omega$ $L = 2 \mu\text{H}$	$U_{c(m\acute{a}x)} = 5 \text{ kA}$ por conductor $R = 0,5 \Omega$ $L = 2 \mu\text{H}$	5 de cada polaridad	Protector primario acordado (red de energía principal)	A Obsérvese que debe funcionar un protector de conmutación a $U_c = U_{c(m\acute{a}x)}$
-------	---	-------------------------	---	---	---------------------	--	--

Componentes de limitación de la corriente



L es una inductancia pequeña y en su mayor parte parásita del cableado, que puede ser necesario ajustar para obtener el frente necesario de 10 μs . U_c se ajusta para obtener la tensión de salida o/c necesaria.

Figura II.4-1/K.44 – Generador de descargas de corriente de 10/350 μs

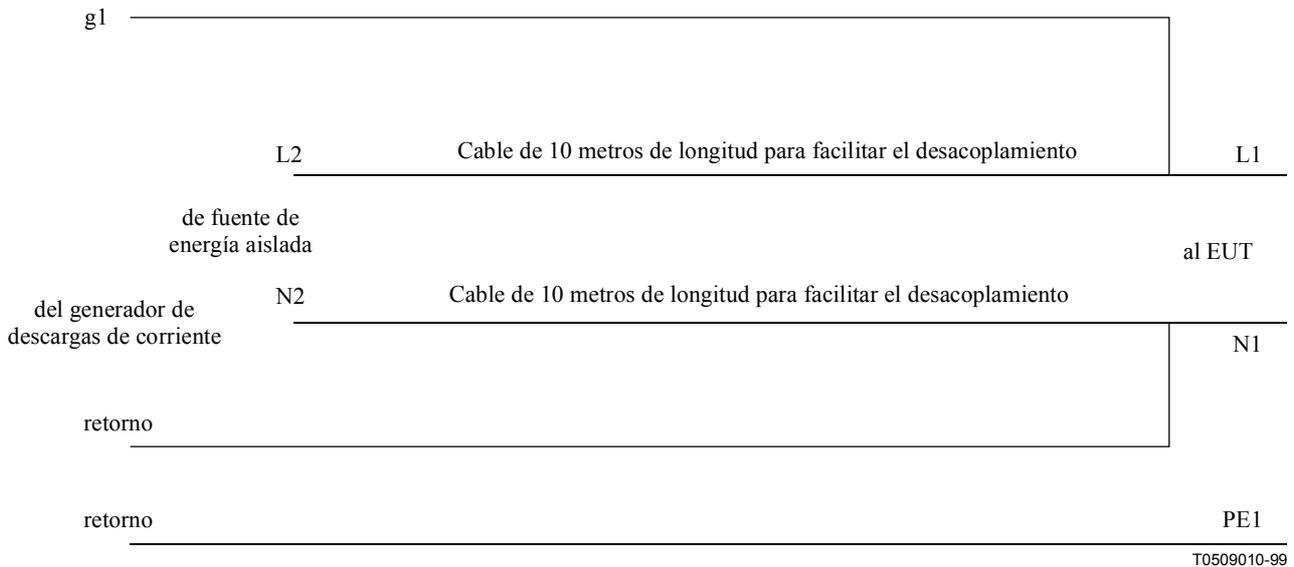


Figura II.4-2/K.44 – Red de acoplamiento, desacoplamiento y energía para una descarga transversal de alta corriente en un puerto de alimentación de energía principal

II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro

II.5.1 Antecedentes

Dependiendo del diseño de la red pública de distribución de baja tensión, pueden producirse en la planta de energía de baja tensión algunos riesgos tales como la elevación del potencial del neutro y la transferencia de la descarga del rayo.

II.5.2 Explicación

La elevación del potencial de tierra y del neutro ocurre principalmente cuando hay ruptura del aislamiento del transformador MV/LV o funcionan los descargadores para evitar la destrucción del transformador por la inducción producida por el rayo o por un rayo directo en la línea. Una corriente importante de 50 Hz circula y el potencial de tierra aumenta.

II.5.2.1 Elevación del potencial de tierra

El primer punto es entender la manera de limitar la elevación del potencial de tierra cuando se produce un fallo en la planta de energía. Véase la figura II.5-1.

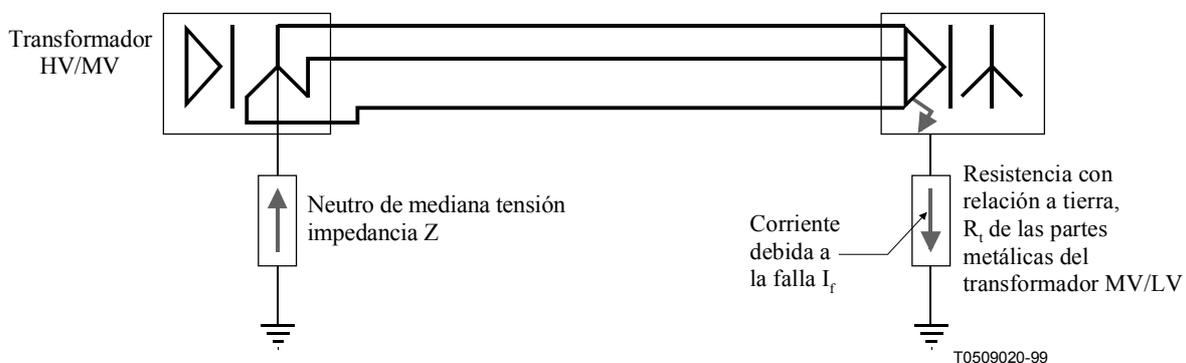


Figura II.5-1/K.44 – Factores que afectan a la corriente debida a la falla

La corriente debida a la falla, I_f , del caso más desfavorable se obtiene al despreciar la impedancia de la línea HV y acoplado la tierra de las partes metálicas del transformador y otros sistemas de puesta a tierra como la tierra del neutro.

$$I_f = U / \sqrt{3} \cdot (Z + R_t)$$

donde U es la tensión entre los conductores activos de mediana tensión.

La elevación del potencial de tierra en el transformador MV/LV es $ROEP = R_t \cdot I_f$ (Nota – MV = mediana tensión, LV = baja tensión.)

En Francia este valor ROEP está limitado a 6 kV.

II.5.2.2 Elevación del potencial del neutro

II.5.2.2.1 Acoplamiento entre el transformador y sistemas de puesta a tierra del neutro

Debido al diseño de la puesta a tierra del neutro, el potencial del neutro aumenta por acoplamiento conductivo cuando la mediana tensión se conecta accidentalmente a tierra.

Las reglamentaciones nacionales pueden fijar límites para esta elevación del potencial del neutro (por ejemplo, 1500 V en Francia). Véanse las figuras II.5-2 y II.5-3.

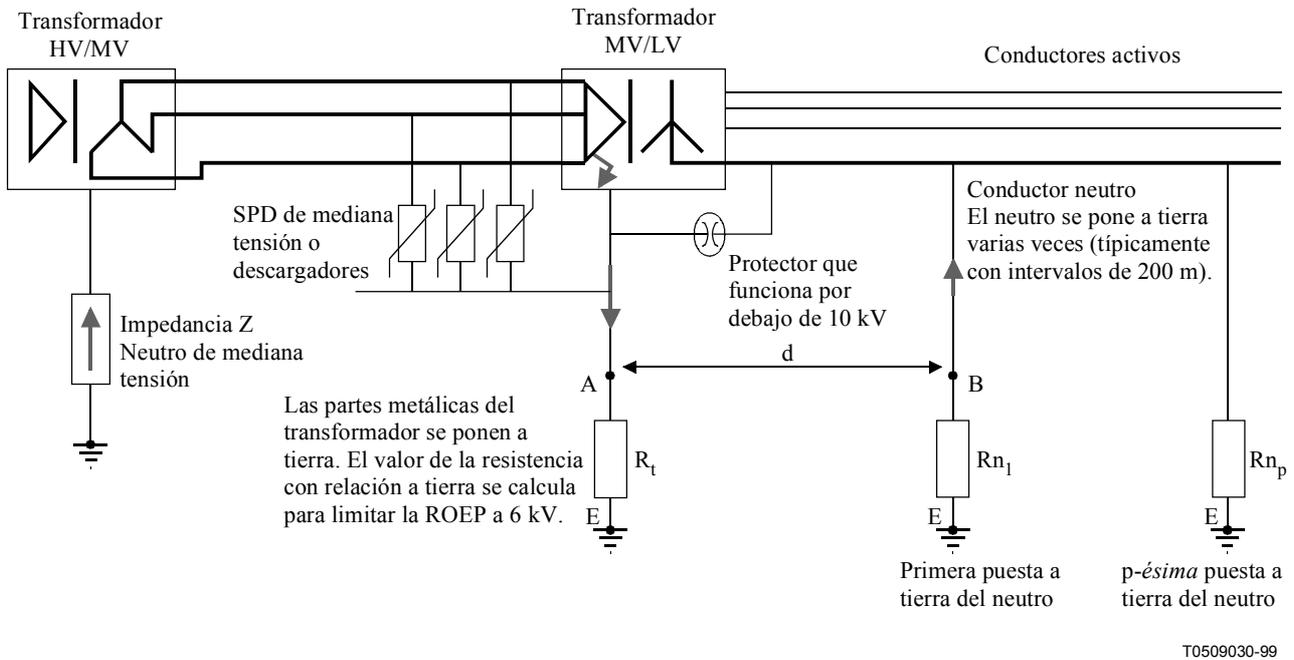


Figura II.5-2/K.44 – Acoplamiento con el neutro LV

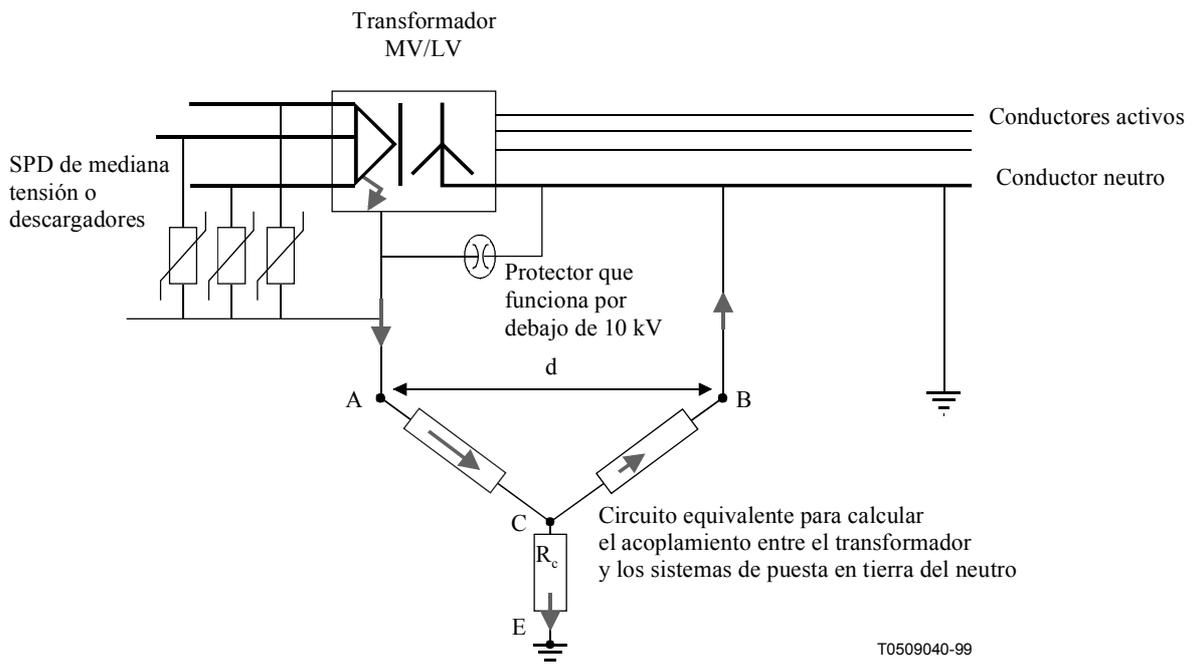


Figura II.5-3/K.44 – Limitación de la ROEP mediante el diseño de puesta a tierra

La resistencia de acoplamiento $R_c = \rho \cdot I / 2 \cdot \pi \cdot d$ se ajusta variando d para obtener una elevación del potencial del neutro inferior a 1500 V o una relación de acoplamiento (V_{AE}/V_{BE}) inferior al 15% cuando se produce un fallo.

Cuando la resistividad del suelo es alta, los valores de las resistencias calculados pueden no cumplirse y la elevación del potencial de tierra puede ser superior a 1500 V.

II.5.2.3 Corrientes que pueden fluir a través del equipo

Véase la figura II.5-4.

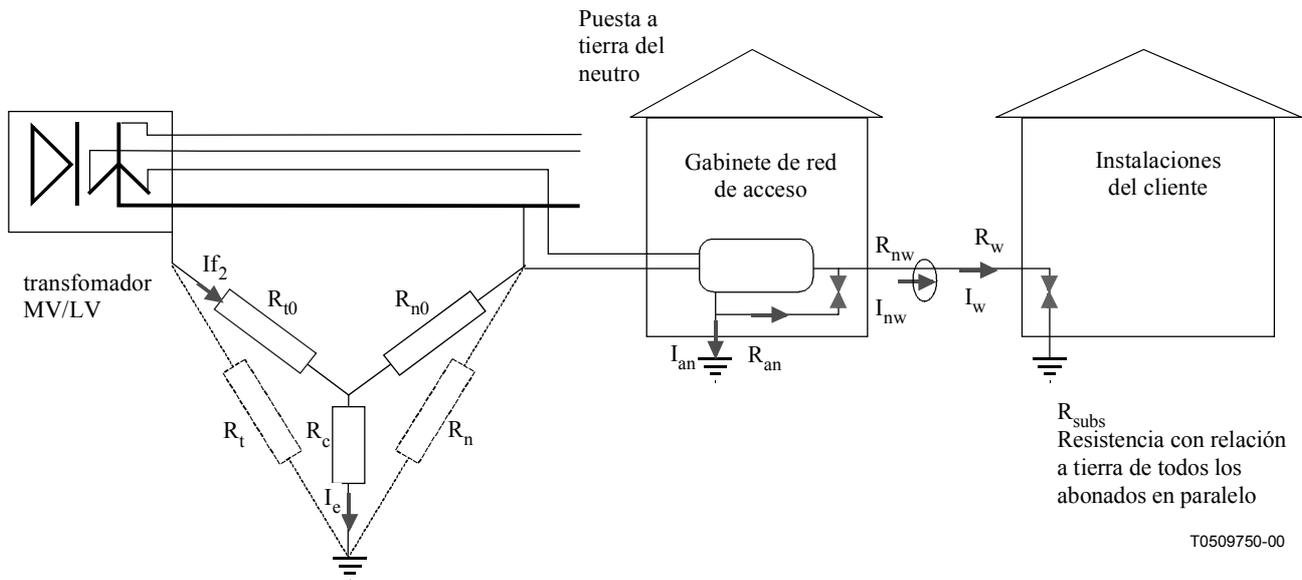


Figura II.5-4/K.44 – Mecanismo de flujo de corriente a través del equipo

Cuando se supone que:

- 28 clientes están conectados con los mismos pares simétricos (longitud 5 km, diámetro del hilo 0,4 mm);
- la resistencia equivalente de todos los sistemas de puesta a tierra en paralelo es 2 Ω ;
- la resistencia con relación a tierra del gabinete de la red de acceso es 50 Ω ;
- las características del sistema de alimentación son $Z = j40 \Omega$, $R_t = 30 \Omega$, $R_n = 15 \Omega$, $d = 8 \text{ m}$;
- la resistividad del suelo es 300 $\Omega \cdot \text{m}$;

los resultados del cálculo muestran que decenas de amperios pueden fluir a través del equipo (descarga disruptiva entre el puerto de alimentación de la red y la tierra del equipo) al sistema de puesta a tierra del gabinete de la red de acceso.

La corriente que puede fluir también directamente por los SPD de la línea de telecomunicación (si están instalados y en caso de descarga disruptiva entre el puerto de alimentación de la red y la tierra del equipo) o a través del equipo (descarga disruptiva entre los puertos de alimentación de la red y de telecomunicación) a la instalación del cliente, I_w , es aproximadamente 1 A.

Obsérvese que el cálculo se basa en el mismo principio cuando en la figura II.5-4 se sustituye la instalación del cliente por un centro de telecomunicación o el gabinete de red de acceso por la instalación del cliente.

II.5.2.4 Transferencia de las descargas

La transferencia de las descargas directas o inducidas por el rayo de la línea de mediana tensión a la de baja tensión pueden ocurrir principalmente si:

- 1) la ruptura del aislamiento del transformador se evita derivándolo con un protector;
- 2) se rompe el aislamiento del transformador entre la línea de mediana tensión y el bobinado de baja tensión.

Véase la figura II.5-5.

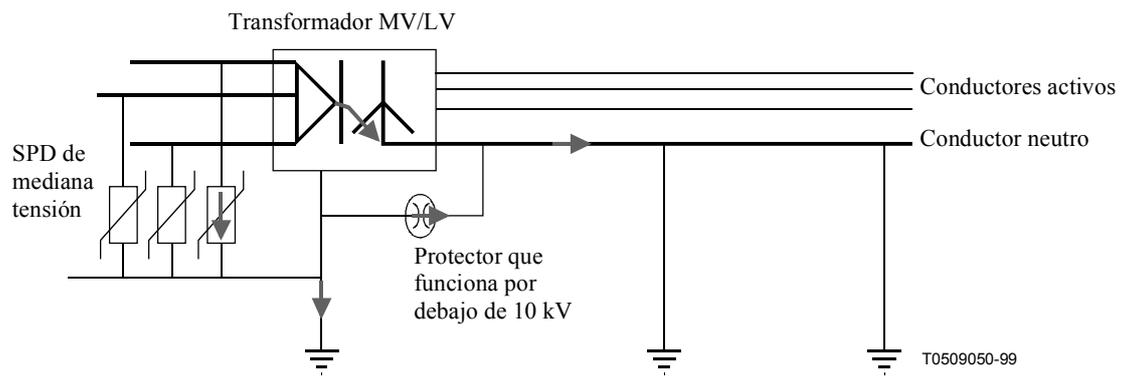


Figura II.5-5/K.44 – Transferencia de la sobretensión al neutro

La descarga será seguida de una corriente significativa de 50 Hz en el caso 1 cuando se utilizan descargadores, y siempre en el caso 2.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

18836

Impreso en Suiza
Ginebra, 2001