



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**K.44**

(07/2003)

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

---



## **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 a las sobretensiones y sobrecorrientes.

Las sobretensiones y sobrecorrientes a que se refiere esta Recomendación incluyen las descargas de rayos 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, la elevación del potencial de tierra debido a fallos del sistema de energía y los contactos directos entre líneas de comunicación y líneas de energía.

Las principales modificaciones con relación a esta Recomendación versión 2000, incluyen:

- sustitución de la prueba longitudinal por una prueba basada en un puerto conectado a tierra, (puerto a tierra);
- introducción de una prueba entre dos puertos externos (puerto externo a puerto externo);
- adición de requisitos relativos al puerto interno.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T K.44 fue aprobada el 29 de julio de 2003 por la Comisión de Estudio 5 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## 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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 AMNT.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## 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 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones y abreviaturas .....	2
3.1 Definiciones.....	2
3.2 Abreviaturas .....	5
3.3 Símbolos .....	6
4 Condiciones de sobretensión y sobrecorriente .....	6
5 Requisitos de inmunidad (básicos y mejorados) .....	7
5.1 Requisito de inmunidad básico.....	7
5.2 Requisitos de inmunidad mejorados.....	7
6 Frontera de equipo .....	7
7 Condiciones de prueba.....	7
7.1 Tipos de pruebas.....	7
7.2 Condiciones de prueba .....	8
8 Coordinación de la protección.....	10
8.1 Generalidades .....	10
8.2 Rayo.....	10
8.3 Inducción debida a líneas de energía, elevación del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía .....	11
8.4 Protector de prueba especial.....	11
9 Criterios de aceptación .....	12
10 Pruebas.....	12
10.1 Puerto de par simétrico externo.....	16
10.2 Puerto coaxial externo .....	17
10.3 Puertos externos de alimentación de energía especializados c.c. y c.a. ....	17
10.4 Puerto externo de alimentación c.a.....	17
10.5 Puertos internos .....	18
Anexo A – Esquemas de las pruebas .....	19
A.1 Introducción.....	19
A.2 Equipos .....	19
A.3 Generadores de prueba .....	20
A.4 Generación de forma de onda.....	22
A.5 Alimentación de energía, acoplamiento, desacoplamiento y terminaciones..	22
A.6 Esquemas de prueba de distintos tipos de puertos.....	25
Apéndice I – Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas.....	41
I.1 Pruebas .....	41
I.2 Gama de niveles para las pruebas relativas a las descargas del rayo y a la inducción debida a líneas de energía.....	54

	<b>Página</b>
I.3 Relación entre la Rec. UIT-T K.44 y otras Recomendaciones genéricas/específicas .....	55
Apéndice II – Información suplementaria para los fabricantes y operadores.....	57
II.1 Introducción.....	57
II.2 Coordinación de la protección primaria .....	57
II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo .....	61
II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal.....	68
II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro .....	69

## Recomendación UIT-T K.44

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

#### 1 Alcance

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

Se aplica a todos los equipos de telecomunicaciones conectados a conductores metálicos situados en exteriores o en interiores. Debe leerse junto con las Recomendaciones UIT-T 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 algunos puntos de la misma difieren de esta Recomendación básica, se aplica la Recomendación genérica/específica. La actualización de las Recomendaciones específicas debe coordinarse con la Rec. UIT-T 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 pueden aplicar 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 de descargas electrostáticas 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. En esta Recomendación la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

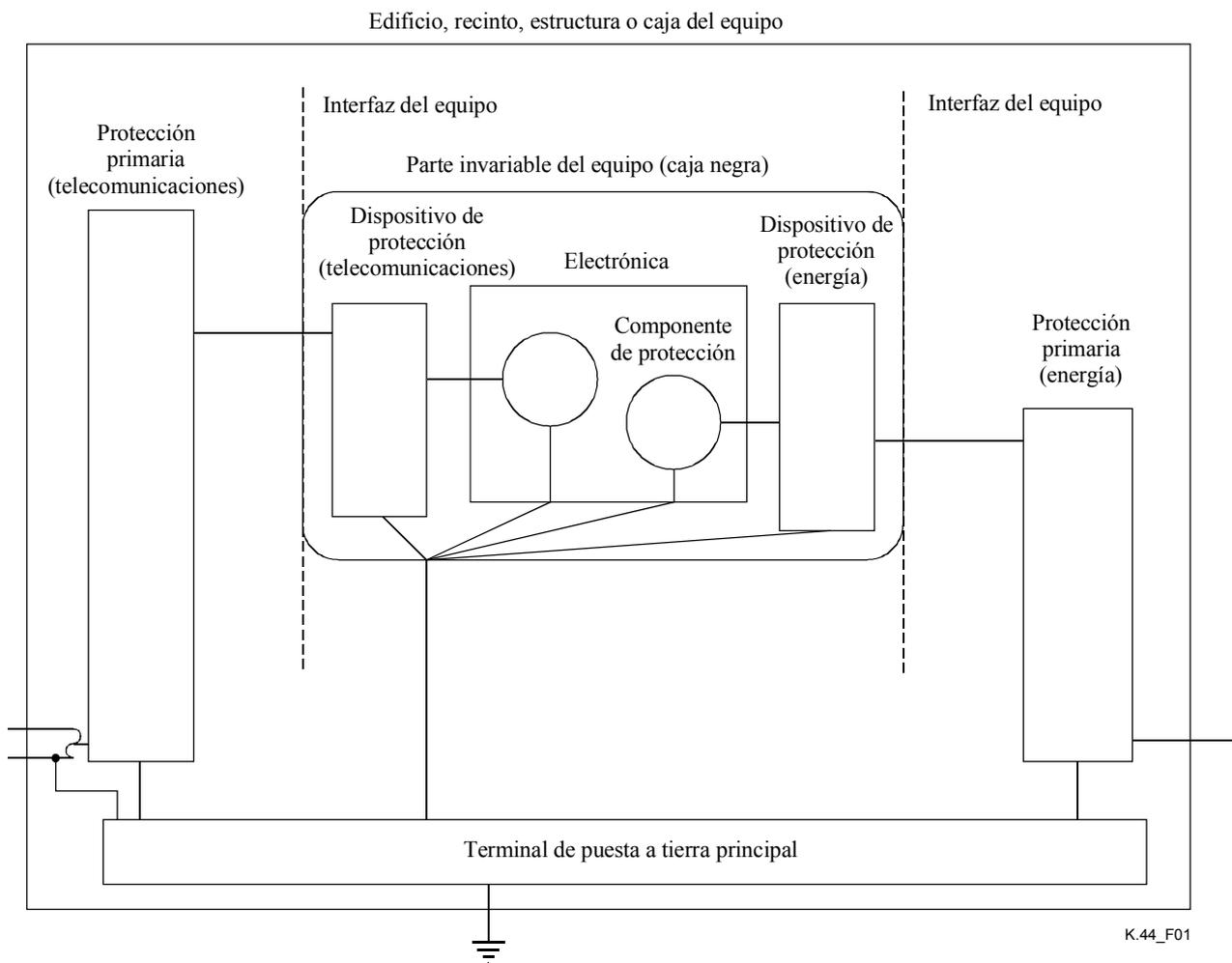
- Recomendación UIT-T K.11 (1993), *Principios de protección contra las sobretensiones y sobrecorrientes*.
- Recomendación UIT-T K.12 (2000), *Características de los descargadores de gas para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones*.
- Recomendación UIT-T K.27 (1996), *Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicación*.

- Recomendación UIT-T K.28 (1993), *Características de las unidades de semiconductores utilizadas para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones.*
- Recomendación UIT-T K.31 (1993), *Configuraciones de conexión equipotencial y puesta a tierra de las instalaciones de telecomunicaciones.*
- Recomendación UIT-T K.35 (1996), *Configuraciones de conexión equipotencial y puesta a tierra en instalaciones electrónicas distantes.*
- Recomendación UIT-T K.39 (1996), *Evaluación del riesgo de daños en los emplazamientos de telecomunicaciones debido a las descargas del rayo.*
- Recomendación UIT-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 61000-4-5:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.*
- CEI 61643-1:2002, *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, el recinto, 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 es la aptitud de los equipos o instalaciones de telecomunicación para resistir, por lo general sin daños, los efectos de las sobretensiones o sobrecorrientes, hasta un nivel determinado, y conforme a un criterio específico.

NOTA – En el 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:** 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:** 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 con capacidad de alta corriente:** Se trata de un SPD diseñado para conducir/desviar la mayor parte de la energía de la descarga del circuito que protege. 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 una resistencia de  $1 \Omega$ . 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 cortocircuito al terminal de salida del generador.

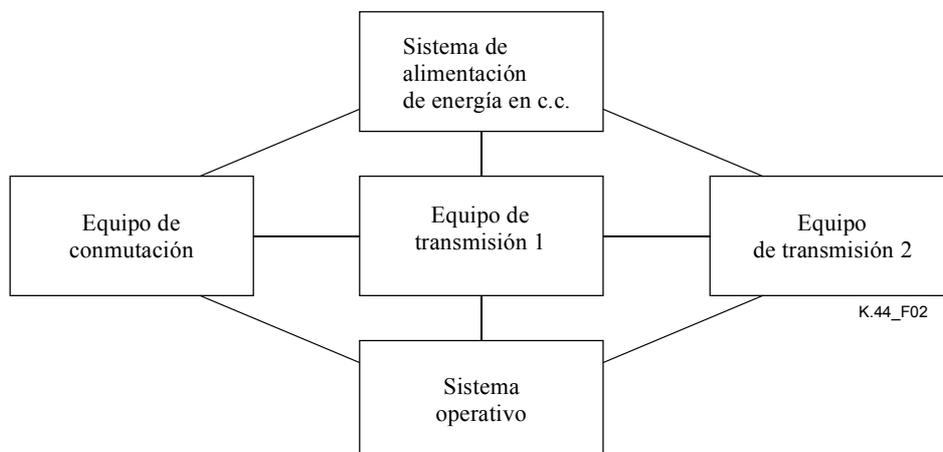
**3.1.8 elemento de coordinación:** Elemento situado entre la protección primaria y la protección inherente para evitar que esta última afecte de manera indebida el funcionamiento de la protección primaria.

**3.1.9 protector de prueba especial:** Componente o circuito utilizado para reemplazar el protector primario acordado a los efectos de verificar 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:** Alimentación de energía suministrada por un cable especializado que sale del edificio.

**3.1.11 puertos externos:** Interfaz particular del equipo especificado, que se conecta directamente a conductores metálicos que se extienden más allá de los límites del edificio o del recinto.

**3.1.12 puertos internos:** Interfaz particular del equipo especificado que se conecta a conductores metálicos que no salen del edificio o del recinto. Estas interfaces se conectan a cables que interconectan bloques del sistema, véase la figura 2.



**Figura 2/K.44 – Bloques de sistema**

**3.1.13 coordinación de la protección:** 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.

**3.1.14 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.

**3.1.15 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.

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

**3.1.17 centro de telecomunicaciones:** Instalación de telecomunicaciones cuya puesta a tierra y continuidad eléctrica son conformes a la Rec. UIT-T K.27.

**3.1.18 sistema de alimentación de energía a distancia:** Sistema de alimentación de energía suministrada a través de pares de conductores de señales simétricos o de conductores internos de circuitos coaxiales, que también se utilizan simultáneamente para la transmisión de señales. El suministro de la tensión de funcionamiento al equipo terminal del abonado no se considera alimentación de energía a distancia.

**3.1.19 elemento de acoplamiento:** Componente de baja impedancia que se utiliza para conectar el generador de sobrecargas al puerto sometido a prueba o para acoplar un puerto no sometido a prueba a tierra.

**3.1.20 elemento de desacoplamiento:** Componente con una impedancia apropiada para reducir el nivel de energía entregada al equipo o terminación asociado.

**3.1.21 componente de terminación:** Componente que se utiliza para simular la conexión del equipo asociado a un puerto sometido a prueba o no sometido a prueba.

## 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> )
EPR	Elevación del potencial de tierra ( <i>earth potential rise</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> )
n.a.	No aplicable
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	Resistencia con 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> )
SSA	Protector de estado sólido ( <i>solid state arrester</i> )
TCE	Equipo de centro de telecomunicaciones ( <i>telecommunication centre equipment</i> )
TNW	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 de c.c. del generador de sobrecargas
$U_{c(máx)}$	Máxima tensión de carga de c.c. del generador de sobrecargas
$U_{c.a.(máx)}$	Máxima tensión (abierta) de c.a. para las pruebas de tensión de 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 de corta duración 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 telecomunicaciones.

## **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 Rec. UIT-T K.11 se describen los diversos grados de influencia y las medidas de protección pertinentes. 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 Tierra (*E, 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 invariable del equipo (pequeña central en una caseta situada en 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**

### **7.1 Tipos de pruebas**

Hay cuatro tipos de prueba que se deben aplicar a los equipos:

- transversal (línea a línea);
- puerto externo puesto a tierra;
- puerto externo a puerto externo;
- puerto interno puesto a tierra.

#### **7.1.1 Transversal**

Las pruebas transversales se deben aplicar a todos los tipos de puertos externos de pares simétricos del equipo. La prueba se realiza con algunos puertos no sometidos a prueba, de cada tipo de puerto, terminados.

### 7.1.2 Puerto externo a tierra

Las pruebas de puerto externo a tierra se deben aplicar al equipo con puertos externos y además una conexión a tierra o puertos internos. Esta prueba se realiza con todos los puertos no sometidos a prueba (internos y externos) terminados y a continuación se debe repetir con cada tipo de puerto interno, puesto a tierra a través de un elemento de acoplamiento, uno tras otro.

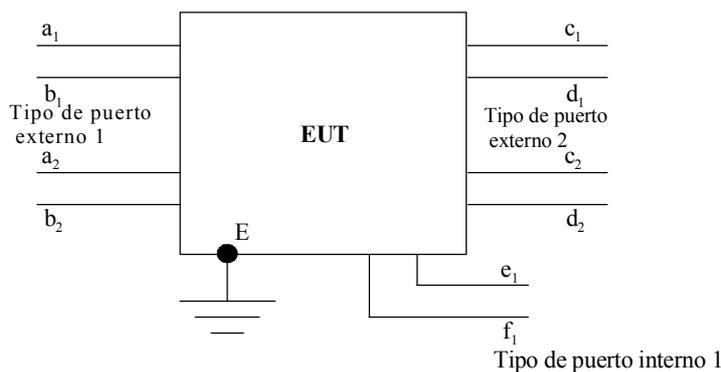
### 7.1.3 Puerto externo a puerto externo

Las pruebas entre puertos se deben aplicar a los equipos con más de un puerto externo. Cuando el equipo esté preparado para utilizarse con una conexión a tierra, la documentación del producto ha de especificar cuándo se debe realizar la prueba. Esta prueba se lleva a cabo con todos los puertos no sometidos a prueba (internos y externos) terminados, para cada tipo de puerto externo, incluido un puerto del mismo tipo, puesto a tierra a través de un elemento de acoplamiento, uno tras otro.

En el caso de la prueba entre puertos externos es necesario tener en cuenta lo siguiente para el segundo puerto:

- 1) otras líneas/pares del tipo de puerto sometido a prueba (por ejemplo, par 1 al par 2 del tipo de puerto 1);
- 2) líneas/pares de otros tipos de puerto (por ejemplo, par 1 del tipo de puerto 1 al par 1 del tipo de puerto 2).

En la figura 3, se presenta un ejemplo de una secuencia de prueba.



Ejemplo de una secuencia de prueba

K.44\_F03

- $a_1 - b_1$  (prueba transversal)
- $a_1/b_1 - E$  (prueba de puerto externo a tierra)
- $a_1/b_1 - E$  con  $e_1/f_1$  acoplado a E (prueba de puerto externo a tierra con un puerto interno acoplado a tierra)
- $a_1/b_1 - c_1/d_1$  con E desconectado (prueba entre dos puertos externos con un puerto externo acoplado a tierra)
- $e_1/f_1 - E$  (prueba de puerto interno puesto a tierra)

**Figura 3/K.44 – Ejemplo de una secuencia de prueba**

### 7.1.4 Puerto interno a tierra

Las pruebas de puerto interno a tierra se aplican a todos los tipos de puertos internos. Esta prueba se realiza con algunos puertos no sometidos a prueba, de cada tipo de puerto, terminados.

## 7.2 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 funcionamiento 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) Las pruebas se deberán realizar con el equipo en funcionamiento, excepto durante la prueba de contacto con las líneas de energía. Si dicha prueba se efectúa sin el equipo alimentado, el resultado de la prueba no debe verse afectado. El equipo se probará en todos los estados de funcionamiento de duración significativa, véase A.2.4. Para demostrar la conformidad, es posible que sea necesario probar el equipo con los puertos sometidos y no sometidos a prueba terminados, y con los puertos no sometidos a prueba acoplados a tierra, véanse A.5 e I.1.5.
- 4) Las terminaciones de los puertos sometidos y no sometidos a prueba incluyen equipo auxiliar, por ejemplo, LI, LT, NT, CPE, una fuente de suministro de energía, un simulador o una terminación pasiva. Si no es necesario dejar el equipo auxiliar conectado para verificar que el EUT resistirá la tensión de prueba, ésta podrá realizarse sin dicha conexión. Cuando exista la posibilidad de que se produzcan distintas terminaciones, por ejemplo con protección primaria o sin ella, es necesario que se tengan en cuenta estas terminaciones, véase I.1.5. Los elementos de desacoplo se utilizan para evitar que las sobrecargas dañen el equipo asociado o la terminación.
- 5) Es posible que se necesite probar los puertos con un número finito de puertos no sometidos a prueba del mismo y de diferentes tipos puesto a tierra, para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados. Los elementos de acoplamiento se utilizan para poner a tierra el puerto apropiado como se indica en 6) y 7).
- 6) Las pruebas de puerto externo a tierra se realizarán sin acoplamiento a tierra de los puertos no sometidos a prueba y además con cada tipo de puerto interno acoplado a tierra, uno tras otro.
- 7) Las pruebas de puerto externo a puerto externo se realizarán para cada tipo de puerto externo, incluido un puerto del mismo tipo, acoplado a tierra, uno tras otro.
- 8) Cada prueba realizará el número de veces indicado en la Recomendación genérica/específica correspondiente al producto. Durante las pruebas de descarga del rayo se debe invertir la polaridad entre descargas consecutivas. El intervalo de tiempo entre pruebas consecutivas en el mismo puerto debe ser de aproximadamente un minuto. Las pruebas se realizarán 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 se producen a intervalos superiores a un minuto. Un ejemplo es la confirmación de que el equipo pasa las pruebas cuando se aplican todas las descargas a las PTC a temperatura de funcionamiento normal.
- 9) Cuando se aplica la prueba transversal entre dos terminales, uno de ellos se ha de conectar al generador de descargas y el otro a tierra. La prueba se repetirá con los terminales transpuestos.
- 10) 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 utilizadas en el país correspondiente.

- 11) 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. Cuando las Recomendaciones particulares permitan pruebas reducidas, por ejemplo, pruebas de contacto con las líneas de energía, se realizarán tantas pruebas como sea necesario, para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados.  
NOTA – Entre los componentes particulares que deben considerarse durante las pruebas figuran el protector primario, los protectores inherentes de tipo conmutación o limitación, las PTC y los fusibles.  
Cuando se utilicen resistencias fusibles, deberán realizarse las pruebas a diferentes niveles con el fin de garantizar que se abarca el caso más desfavorable.
- 12) Puede utilizarse un nuevo componente de protección primaria después de completar cada secuencia de pruebas.
- 13) Las tarjetas se probarán en una o varias ranuras, según proceda, para confirmar que el equipo cumple los criterios de aceptación especificados.
- 14) Si una tarjeta tiene dos o más puertos idénticos, sólo es necesario probar uno de ellos para las pruebas de un solo puerto.
- 15) Las tarjetas adyacentes no deben verse afectadas de ninguna manera por las descargas en la tarjeta/puerto sometido a prueba.

## **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 UIT-T 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. Durante una prueba, a una tensión del generador menor que o igual a la  $U_{c(máx)}$  especificada en la Recomendación

genérica/específica, se debe activar el protector de prueba especial. Esto permitirá garantizar hasta cierto grado que el protector primario se activará y protegerá el equipo contra las descargas  $> U_{c(máx)}$ .

### **8.2.1 SPD primarios de tipo conmutación**

Con un SPD de tipo conmutación, hay coordinación cuando se activa el protector de prueba especial, véase 8.4.1, con una  $U_c$  por debajo del nivel máximo especificado en la Recomendación genérica/específica pertinente, para el caso de la prueba con una protección primaria acordada, y el equipo cumple con los criterios específicos de esa Recomendación.

### **8.2.2 SPD primarios de tipo fijador de nivel**

Hay coordinación con un SPD de tipo fijador de nivel cuando el equipo cumple con los criterios indicados en la Recomendación específica en el caso de prueba con el protector de prueba especial, véase 8.4.2, y la prueba se efectúa a la máxima tensión y corriente de la prueba de coordinación, es decir, cuando el SPD primario conduce la máxima corriente.

## **8.3 Inducción debida a líneas de energía, elevación del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía**

La protección contra la inducción debida a las líneas de energía y la EPR como consecuencia de un fallo de línea de energía puesta a 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 o la EPR, 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 de c.c. del protector de prueba especial será igual a 1,15 veces la tensión de funcionamiento de c.c. máxima especificada, conforme al valor de la prueba de duración, del protector primario acordado. La tolerancia de esta tensión de actuación es de  $\pm 5\%$ . Debe también tener una relación similar del impulso a la tensión de funcionamiento de 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. Las alimentaciones de energía a distancia comparten el mismo puerto que el puerto de señal.

**Cuadro 1/K.44 – Tipos de puerto**

Tipo de puerto		Tipo de prueba	Ejemplo
Externo	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	Circuitos de alimentación de energía a distancia
	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 de c.a.
		Elevación del potencial de tierra y elevación del potencial del neutro	

**Cuadro 1/K.44 – Tipos de puerto**

<b>Tipo de puerto</b>		<b>Tipo de prueba</b>	<b>Ejemplo</b>
Interno	Cable sin apantallar	Rayo	
	Cable apantallado (incluye coaxial)	Rayo	
	Interfaz de energía de c.c. flotante	Rayo	
	Interfaz de energía de c.c. puesta a tierra	Rayo	

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 del punto pertinente de esta Recomendación 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" o "Varios" 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 el término "Transversal", puerto a tierra o puerto a puerto externo se refiere a que la descarga se aplica transversalmente (es decir, línea a línea, línea a pantalla, o en modo diferencial) puerto a tierra (línea a tierra o en modo común) o puerto a puerto externo (puerto a puerto con la referencia de tierra flotante). Hay un encabezamiento para nivel de prueba básico y nivel de prueba mejorado; véase la cláusula 5 para información.

**Cuadro 2a/K.44 – Pruebas aplicables a los puertos externos**

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	Transversal	No	10.1.1.1	En estudio	10.3.1	10.4.1			
		Puerto a tierra	No	10.1.1.1		10.3.1	10.4.1			
		Puerto a puerto externo	No	10.1.1.1		10.3.1	10.4.1			
		Transversal	Sí	10.1.1.1		10.3.1	10.4.1			
		Puerto a tierra	Sí	10.1.1.1		10.3.1	10.4.1			
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.1.1		10.3.1	10.4.1			
	Varios	Puerto a tierra	No	10.1.1.2		n.a.	n.a.			
		Puerto a puerto externo	No	10.1.1.2		n.a.	n.a.			
		Puerto a tierra	Sí	10.1.1.2		n.a.	n.a.			
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.1.2		n.a.	n.a.			
		Corriente inducida por el rayo	Uno	Transversal		No	n.a.	En estudio	n.a.	n.a.
				Puerto a tierra		No	10.1.2		10.3.2	n.a.
Puerto a puerto externo	No			10.1.2	10.3.2	n.a.				
Transversal	Sí			n.a.	n.a.	n.a.				
Puerto a tierra	Sí			n.a.	n.a.	n.a.				
Puerto a puerto externo	Sí			n.a.	n.a.	n.a.				
Varios	Puerto puesto a tierra	No	10.1.2	n.a.	n.a.					
	Puerto a puerto externo	No	10.1.2	n.a.	n.a.					

**Cuadro 2a/K.44 – Pruebas aplicables a los puertos externos**

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
Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Uno	Transversal	No	10.1.4	En estudio	10.3.3	n.a.
		Puerto a tierra	No	10.1.4		10.3.3	10.4.3 En estudio
		Puerto a puerto externo	No	10.1.4		10.3.3	10.4.3 En estudio
Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Uno	Transversal	Sí	10.1.4	En estudio	10.3.3	n.a.
		Puerto a tierra	Sí	10.1.4		10.3.3	En estudio
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.4		10.3.3	En estudio
Elevación del potencial del neutro	Uno	Puerto puesto a tierra	No	n.a.	En estudio	n.a.	10.4.4
		Puerto a puerto externo	No	n.a.		n.a.	10.4.4
Contacto con líneas de energía	Uno	Transversal/longitudinal	No	10.1.5	En estudio	10.3.4	n.a.
		Puerto a tierra	No	10.1.5		10.3.4	n.a.
		Puerto a puerto externo	No	10.1.5		10.3.4	n.a.

**Cuadro 2b/K.44 – Pruebas aplicables a los puertos internos**

Tipo de prueba	Protección primaria	Tipo de puerto			
		Cable sin apantallar	Cable apantallado	Interfaz de energía de c.c. flotante	Interfaz de energía de c.c. puesta a tierra
Tensión inducida por el rayo	No	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4

## **10.1 Puerto de par simétrico externo**

### **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.

Cuando se aplica la prueba a múltiples hilos se debe tener la precaución de asegurar que la corriente se divida equitativamente entre los hilos. En particular, se debe tener precaución de asegurar que el funcionamiento de uno o más protectores no impide el funcionamiento de otros.

### **10.1.3 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.

#### **10.1.4 Pruebas relativas al contacto con líneas de energía**

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales. Si el equipo tiene componentes de protección con capacidad de alta corriente, que evitan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- La prueba se realiza con la protección suministrada por el fabricante. Se debe asegurar que la protección se activa durante la prueba. Es posible que sea necesario elegir una línea con un protector que tenga una tensión de activación baja. No es necesario confirmar el funcionamiento del protector si se aplica uno o más de los casos siguientes:
  - El fabricante del equipo, durante la etapa de diseño, escogió la tensión de activación del protector de modo que éste no funcione en caso de contacto con las líneas de energía.
  - La impedancia de entrada del equipo impide que la tensión provocada por el contacto con las líneas de energía, en la entrada del equipo, rebase la tensión mínima de activación específica del tipo de protector.
- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6 (frontera de equipo) y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial, véase 8.4, y se repiten las pruebas.

Si este componente no es amovible, el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para demostrar que las pruebas se repitieron utilizando un protector con una tensión de activación igual a la tensión de activación en c.c. mínima especificada durante las pruebas de diseño.

#### **10.2 Puerto coaxial externo**

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

#### **10.3 Puertos externos 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 externo de alimentación c.a.**

##### **10.4.1 Tensión inducida por el rayo**

Se realizarán pruebas longitudinales y transversales.

Se conocen tres tipos de SPD de protector primario que pueden utilizarse en las líneas de energía eléctrica y que son:

- 1) tipo fijador de nivel (MOV);
- 2) conmutación (descargador);

3) combinación de ambos.

Debido a las distintas características de estos SPD es posible que el fabricante tenga necesidad de verificar que este equipo puede coordinarse con los tres tipos.

#### **10.4.2 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.

#### **10.4.3 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 cláusula II.5.

### **10.5 Puertos internos**

#### **10.5.1 Cable sin apantallar**

La prueba de la tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba longitudinal.

#### **10.5.2 Cable apantallado**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba longitudinal.

#### **10.5.3 Interfaz de energía de c.c. flotante**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba longitudinal.

#### **10.5.4 Interfaz de energía de c.c. puesta a tierra**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba longitudinal.

## Anexo A

### Esquemas de las pruebas

#### A.1 Introducción

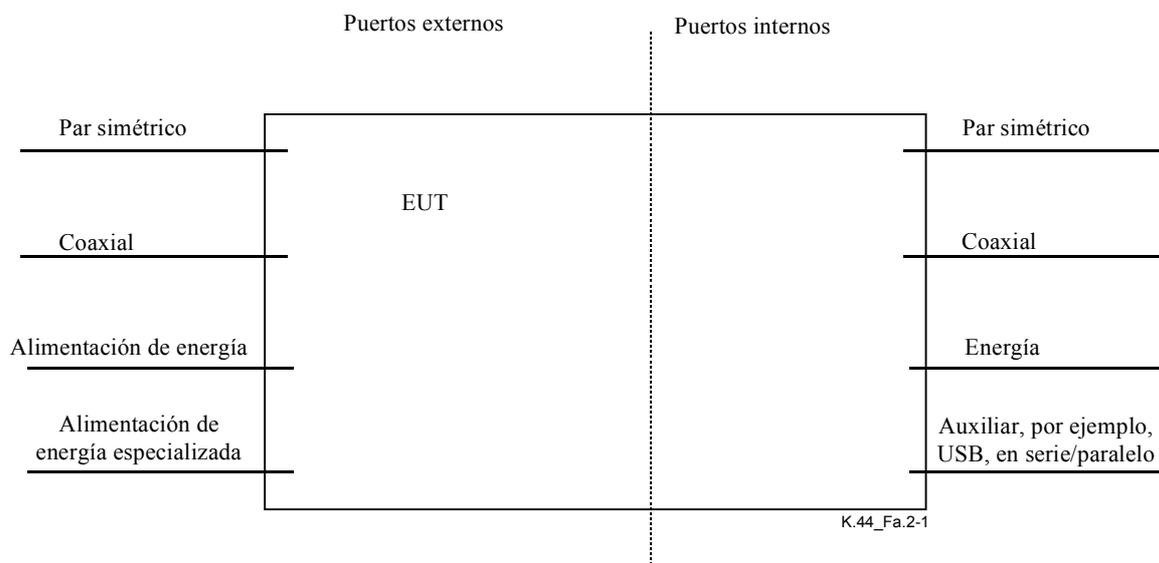
Es necesario que el equipo se pruebe en todos los estados y condiciones posibles. Eso significa que es posible que la prueba especificada en cada línea del cuadro de pruebas tenga que realizarse varias veces.

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 Equipos

##### 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**

Es necesario considerar las diferencias existentes entre los puertos externos e internos. Los puertos internos del EUT se conectan a cables que terminan en equipos con la misma referencia de tierra que el EUT. Los puertos externos del EUT, por el contrario, pueden conectarse a cables que terminan en equipos con una referencia de tierra distinta, por ejemplo, en otro edificio. Esto significa que la corriente puede circular a un puerto externo y salir de otro puerto externo.

## A.2.2 Tipo de equipo

El equipo podrá ser de dos tipos genéricos: puesto a tierra y sin conexión a tierra. Por lo general, el equipo de centro de telecomunicación será del tipo puesto a tierra. El equipo de la red de acceso y el equipo del abonado pueden ser de cualquiera de los dos tipos.

## A.2.3 Tipo de protección

La protección del equipo contra descargas de corrientes elevadas se logra mediante la instalación de protección primaria o utilizando equipo con protección integrada contra altas corrientes. Por lo general, el equipo del centro de telecomunicación se protegerá mediante protección primaria que se instala en el MDF. El equipo de red de acceso puede protegerse empleando cualquiera de los dos métodos. El equipo del abonado normalmente estará protegido mediante la instalación de protección primaria.

## A.2.4 Condiciones y estados del equipo

Como los componentes del equipo que se conectan al puerto del equipo que se somete a prueba, pueden variar en función del estado en que se encuentre el equipo, las pruebas deben realizarse en todos los estados de funcionamiento de duración significativa. A continuación se dan algunos ejemplos de los estados del equipo que es conveniente tener en cuenta:

- microteléfono "colgado" y "descolgado";
- alimentación de energía "conectada" y "desconectada";
- durante la señal de llamada;
- durante un ciclo de prueba de una línea, y otros.

## 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.

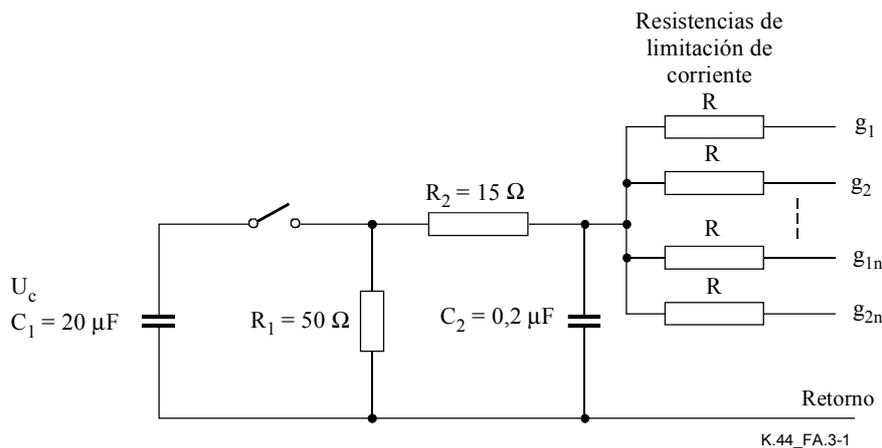
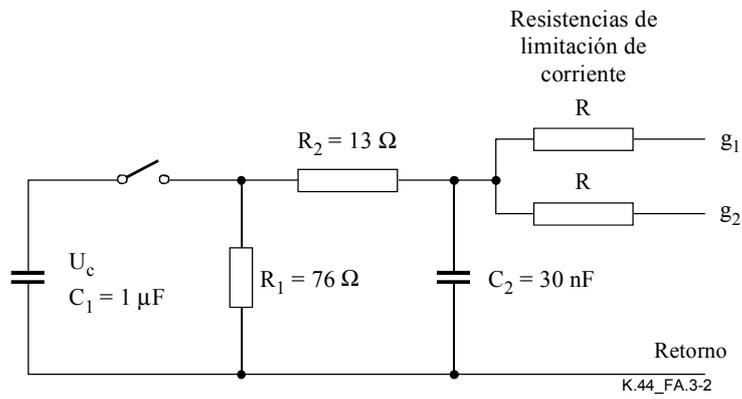
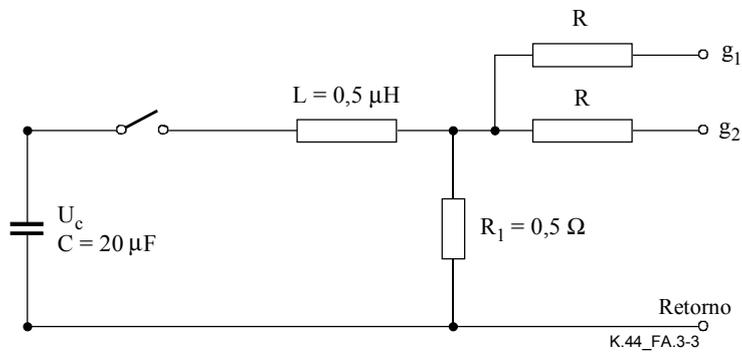


Figura A.3-1/K.44 – Generación de descargas de tensión de 10/700  $\mu s$



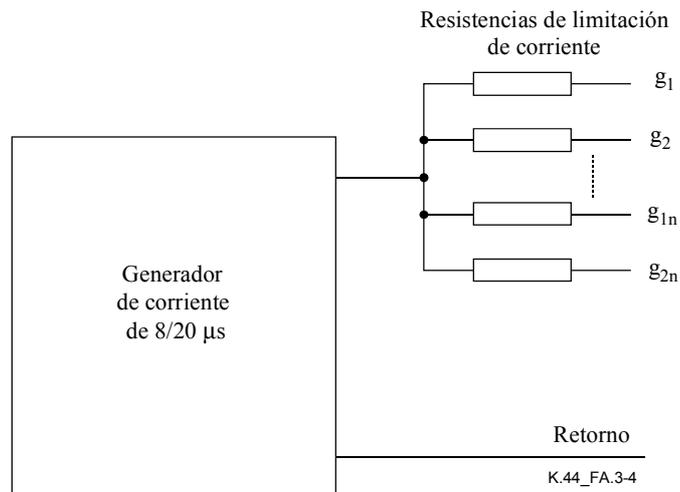
**Figura A.3-2/K.44 – Generador de descargas de tensión de 1,2/50 μs**

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 μs necesario. U<sub>c</sub> se ajusta para obtener la tensión de salida necesaria o/c.

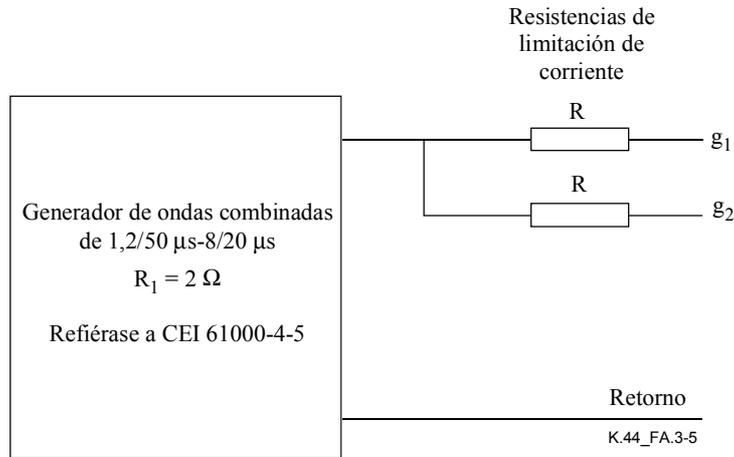
**Figura A.3-3/K.44 – Generador de descargas de tensión de 2/10 μs**



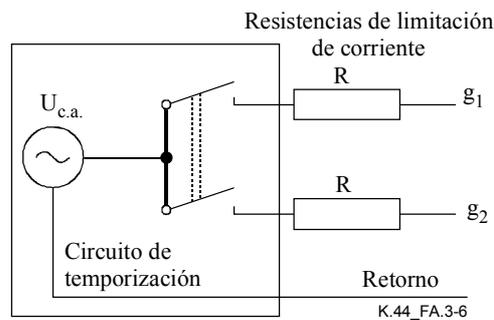
**Figura A.3-4/K.44 – Generador de corriente de 8/20 μs**

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  $\mu$ 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.

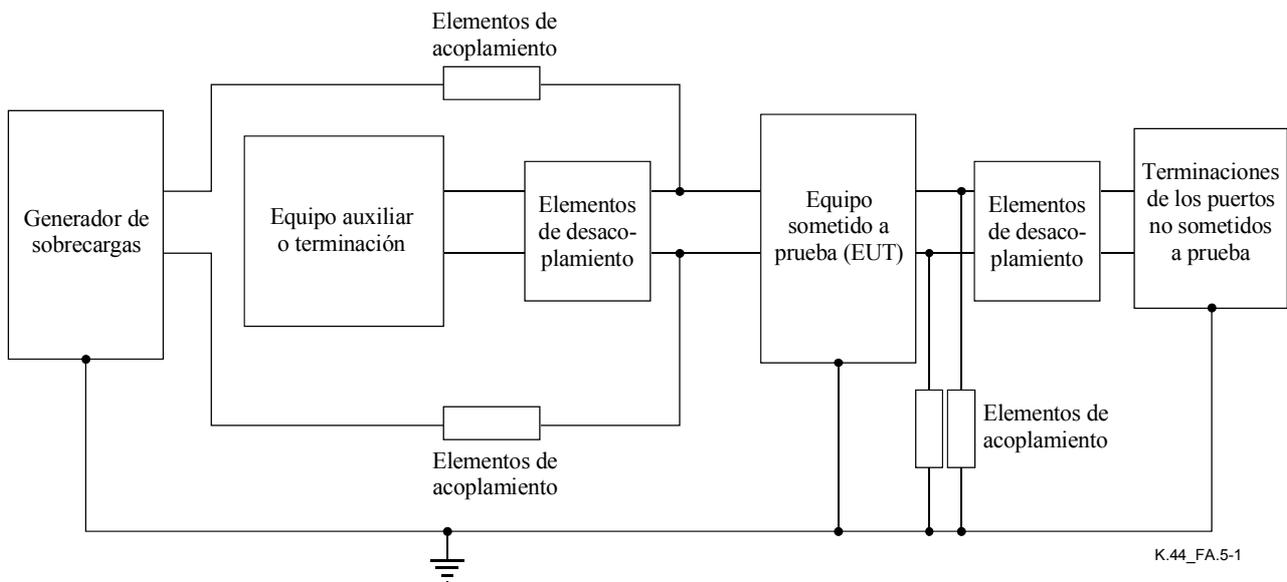
**Figura A.3-6/K.44 – Generador para las pruebas de inducción debida a las líneas de energía, contacto con las líneas de energía y elevación del potencial del neutro**

#### A.4 Generación de forma de onda

Utilícese este circuito cuando se provean los valores del circuito. Cuando no se den los valores de 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 Alimentación de energía, acoplamiento, desacoplamiento y terminaciones

El generador de sobrecargas, la alimentación de energía, los elementos de acoplamiento y desacoplamiento, el EUT y las terminaciones se deben conectar como se ilustra en la figura A.5-1.

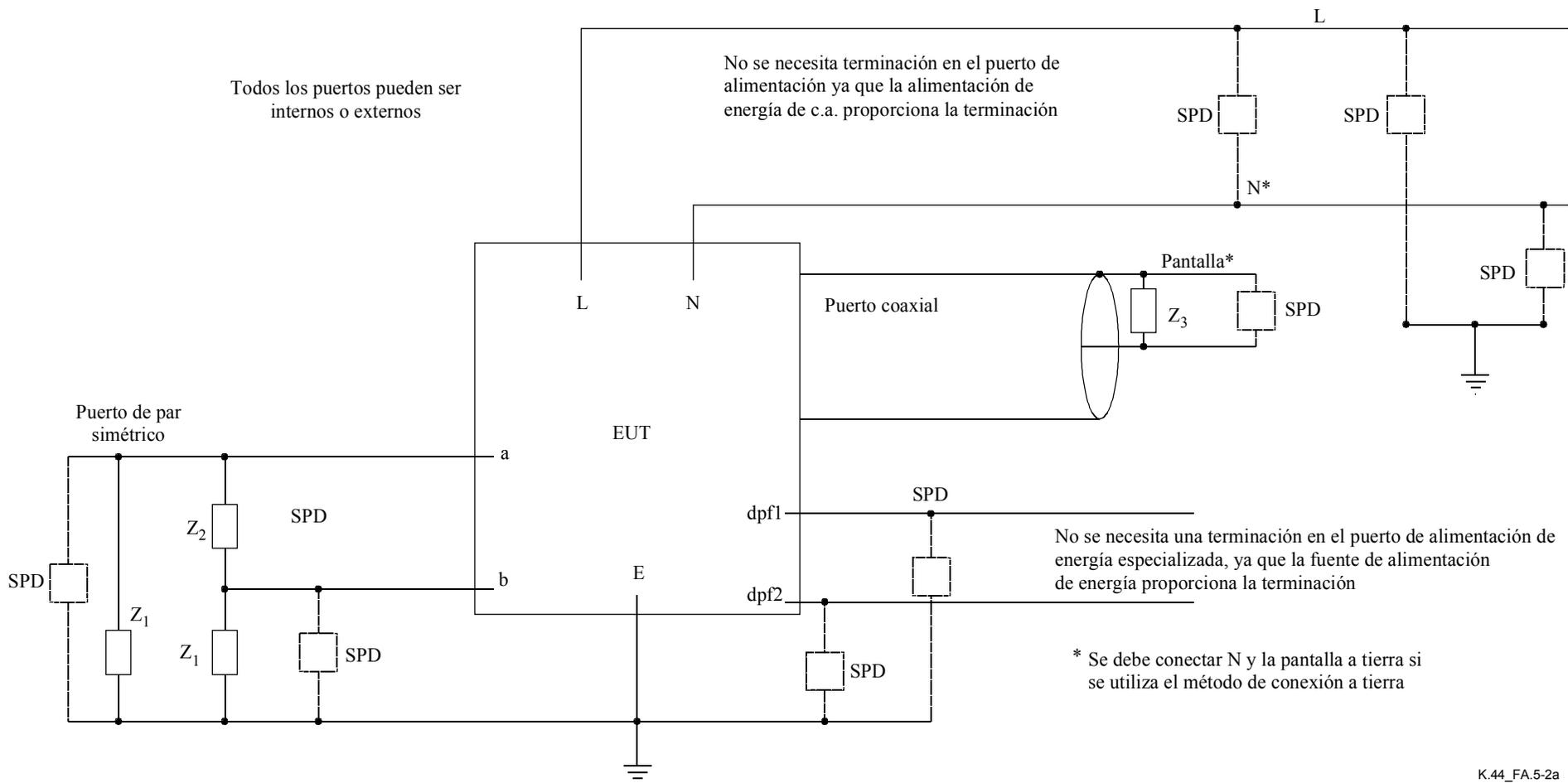


**Figura A.5-1/K.44 – Diagrama de bloques de una configuración de prueba convencional**

Los elementos de acoplamiento se utilizan para conectar el generador de sobrecargas al EUT, y para conectar otros puertos/líneas a tierra durante la prueba puerto a puerto. El elemento de acoplamiento, si se necesita, puede ser un MOV, un GDT, un condensador 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. Hay varias maneras de conectar los elementos de acoplamiento a tierra y en la figura A.5-2b se muestran algunos ejemplos.

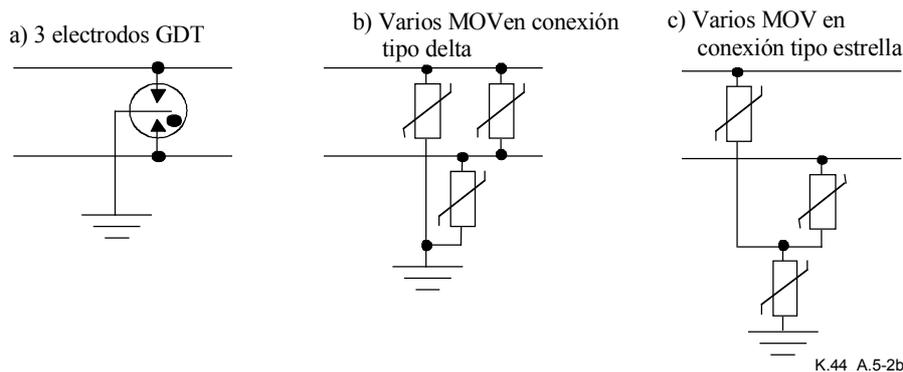
Los elementos de desacoplamiento se emplean para reducir la energía de las descargas, para evitar que una alta energía afecte el equipo de alimentación de energía, el equipo asociado o las terminaciones. Los elementos de desacoplamiento, si se requieren, pueden ser una impedancia que impida que la energía 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.

En la figura A.5-2a se presenta un ejemplo de terminaciones de puertos no sometidos a prueba. Por lo general, todos los puertos, incluido el puerto de prueba, se deben terminar de alguna manera. Se utilizan elementos de desacoplamiento para evitar el daño del equipo o de la terminación asociados. Cuando sea necesario para la prueba, el puerto no sometido a prueba apropiado se debe acoplar a tierra utilizando un elemento de acoplamiento.



$Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$  son las terminaciones nominales de un sistema en funcionamiento o del equipo asociado.  
 Los SPD se utilizan para acoplar a tierra el puerto no sometido a prueba correspondiente, uno tras otro.

**Figura A.5-2a/K.44 – Ejemplo de terminación y acoplamiento a tierra de los puertos no sometidos a prueba**



**Figura A.5-2b/K.44 – Ejemplos de conexión de elementos de acoplamiento a tierra**

## **A.6 Esquemas de prueba de distintos tipos de puertos**

### **A.6.1 Puertos de par simétrico**

En las figuras A.6.1-1a y A.6.1-1b se muestran los esquemas para la aplicación de descargas transversales. En la figura A.6.1-2 se muestra el esquema correspondiente a la aplicación de descargas con un puerto puesto a tierra. En la figura A.6.1-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos.

### **A.6.2 Puertos coaxiales**

Véanse las figuras A.6.2-1 y A.6.2-2.

### **A.6.3 Puertos de alimentación de energía especializada de c.a. o de c.c.**

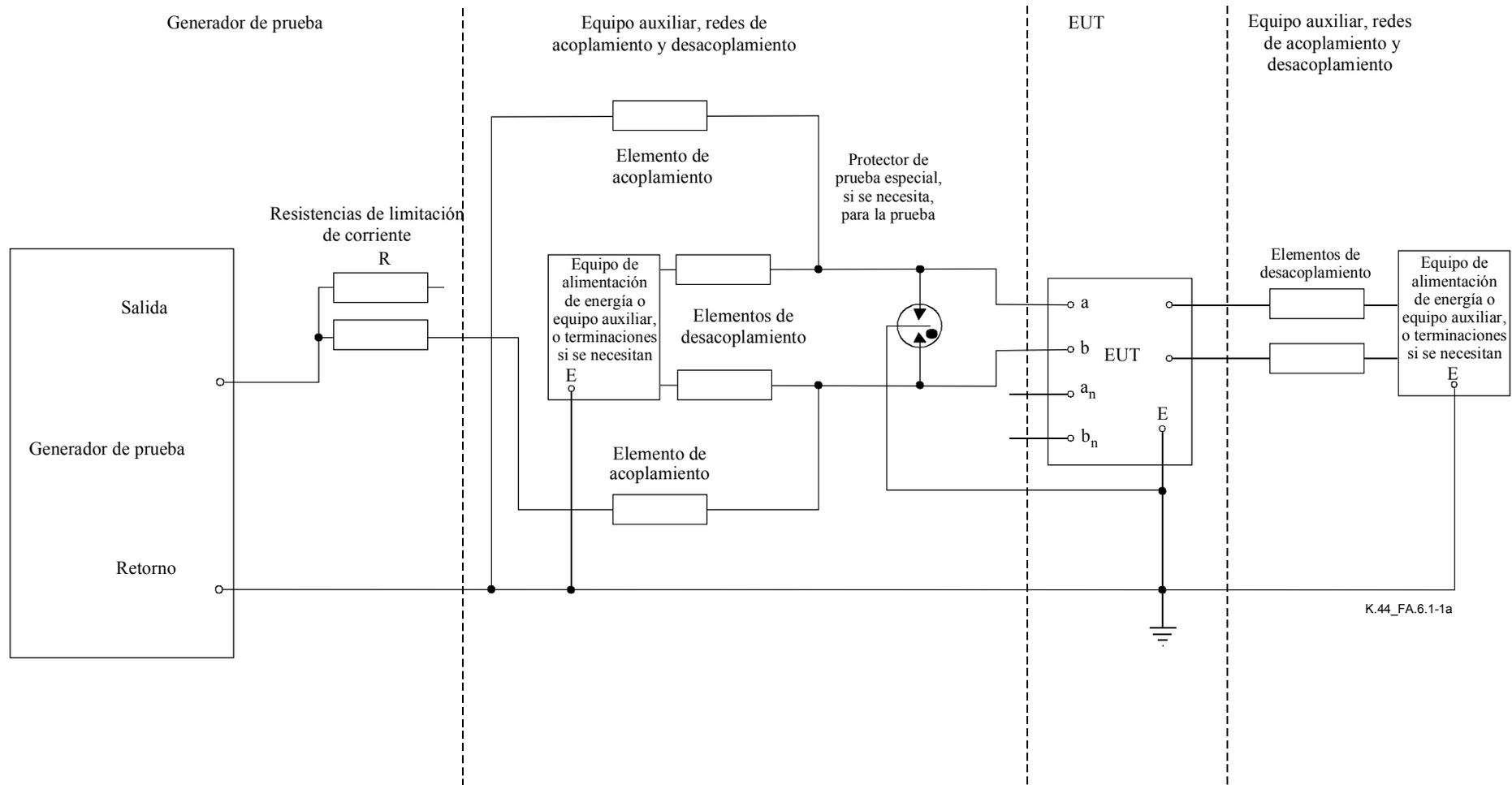
En las figuras A.6.3-1a y A.6.3-1b se muestran los esquemas de aplicación de descargas transversales. En la figura A.6.3-2 se muestra el esquema de aplicación de descargas con un puerto puesto a tierra. En la figura A.6.3-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos.

### **A.6.4 Puertos de alimentación de energía**

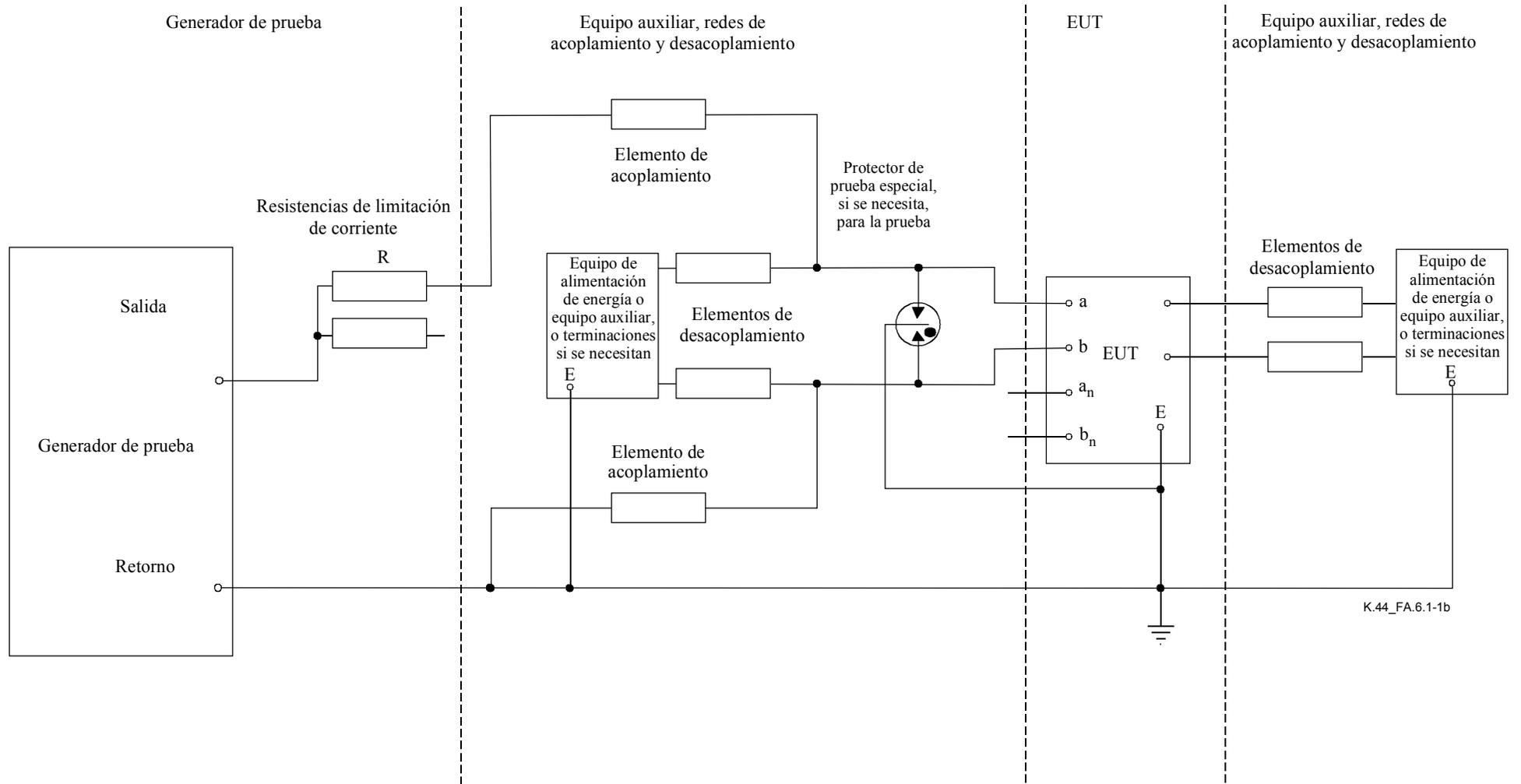
En la figura A.6.4-1 se muestra el esquema de aplicación de descargas transversales. En la figura A.6.4-2 se muestra el esquema de aplicación de descargas con un puerto puesto a tierra. En la figura A.6.4-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos.

### **A.6.5 Puertos de cables apantallados internos**

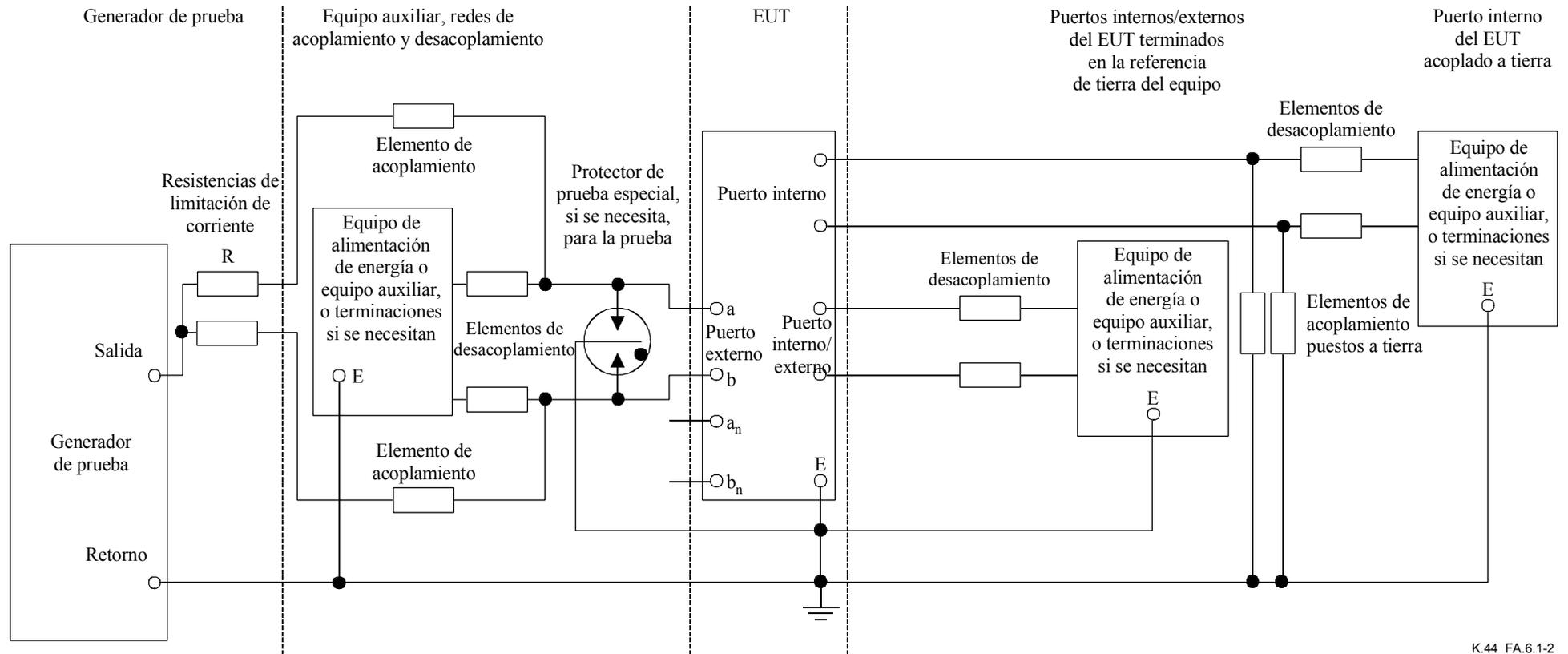
Véanse las figuras A.6.5-1 y A.6.5-2.



**Figura A.6.1-1a/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto de par simétrico externo (a – terminal puesto a tierra)**

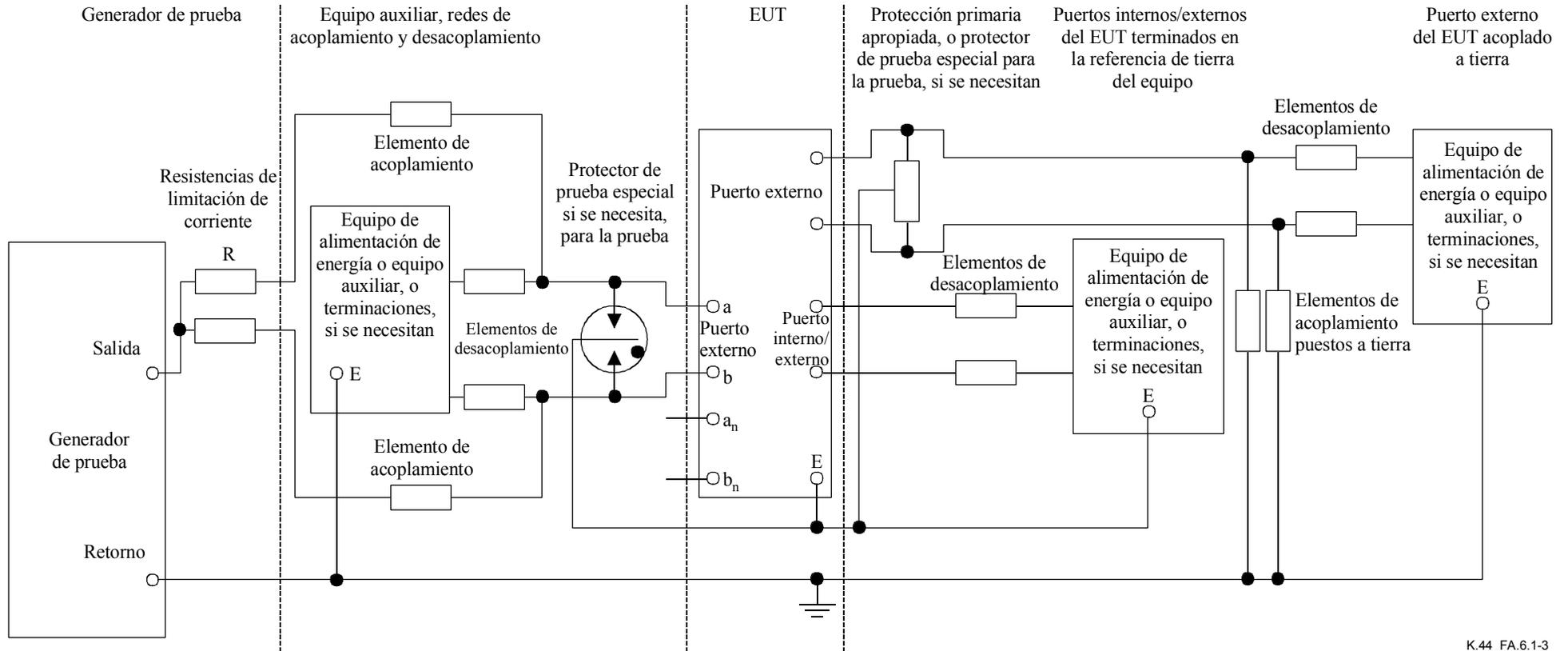


**Figura A.6.1-1b/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un sólo puerto de par simétrico externo (b – terminal puesto a tierra)**



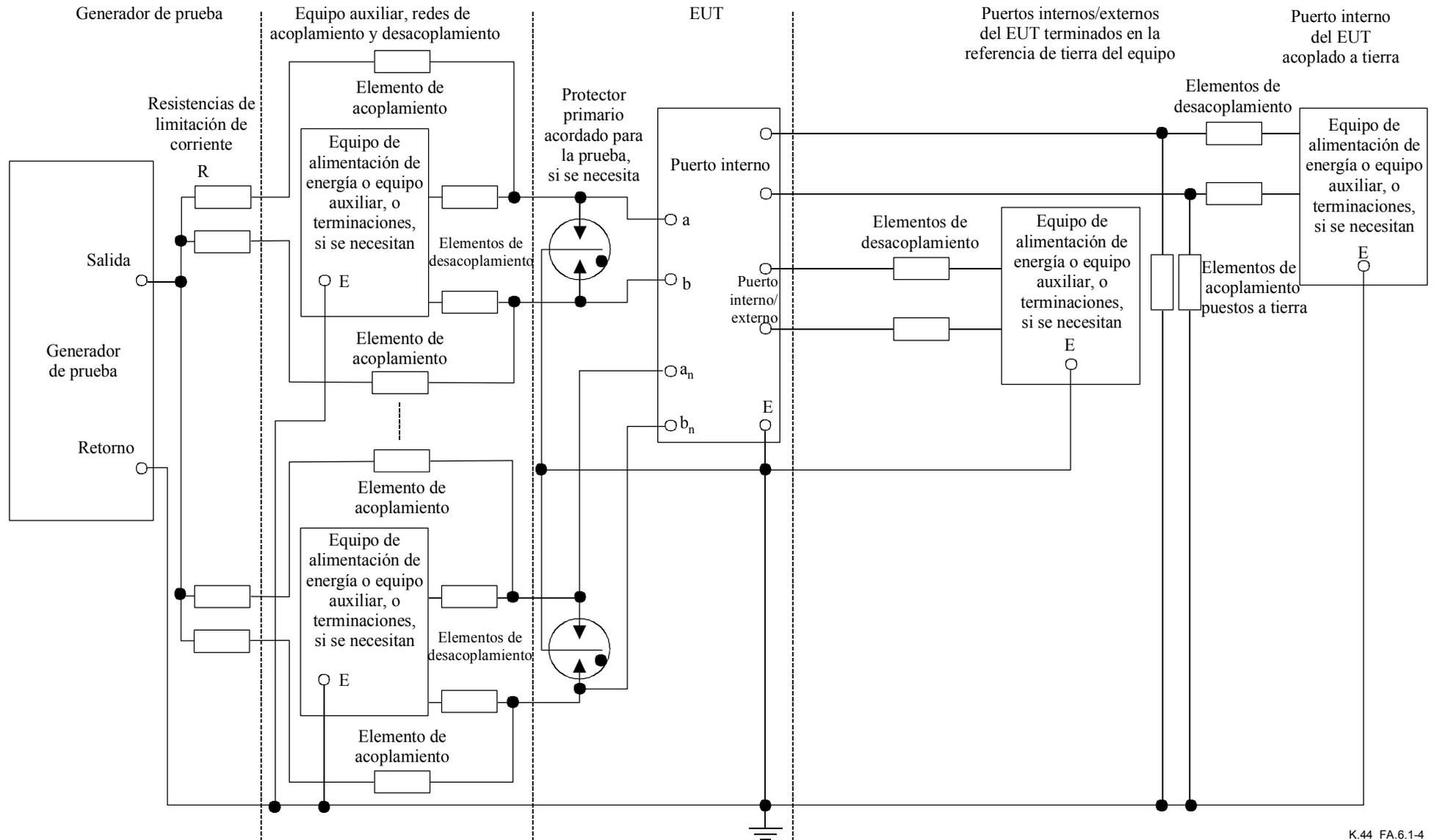
K.44\_FA.6.1-2

**Figura A.6.1-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto de par simétrico externo puesto a tierra**



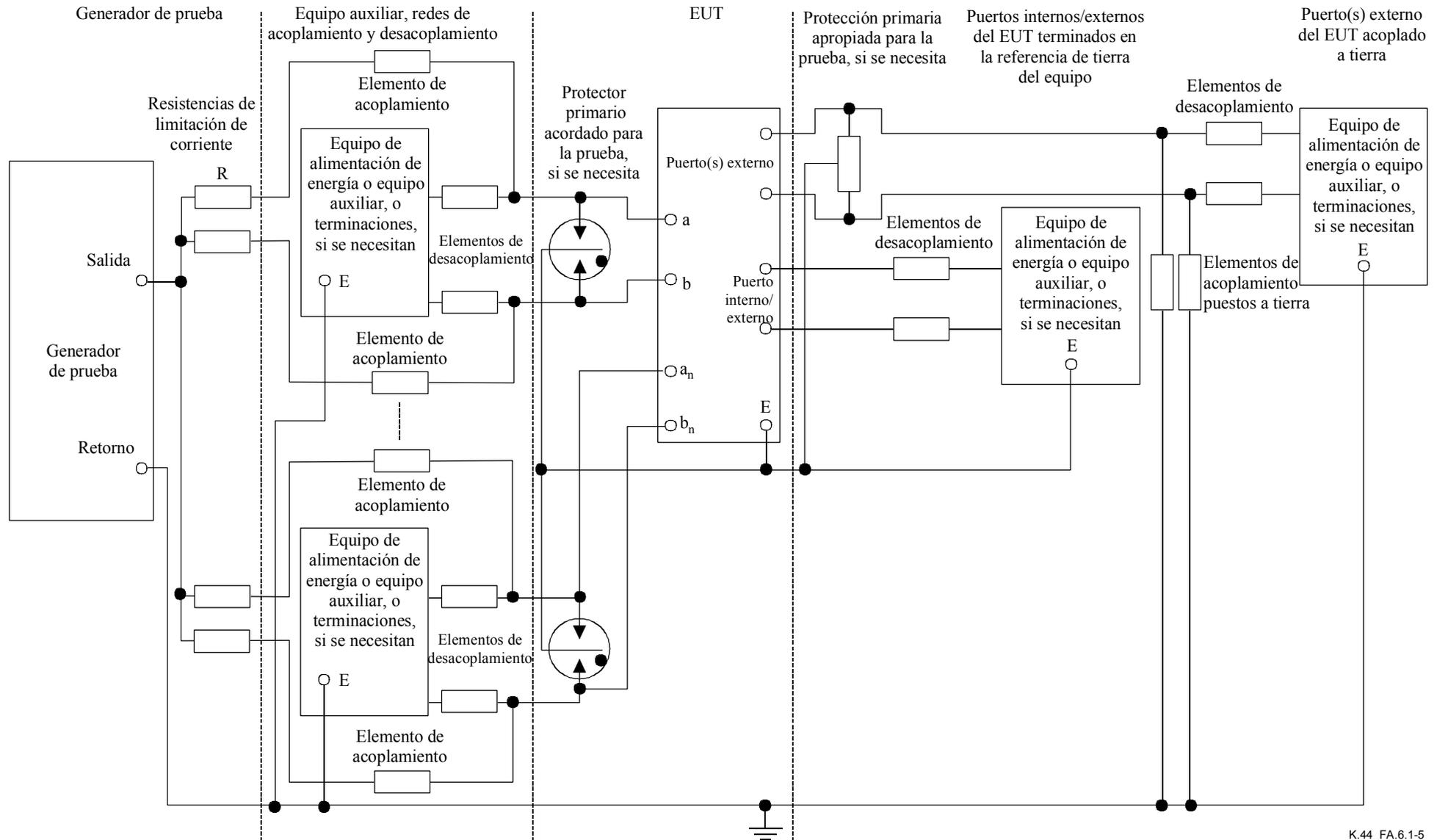
K.44\_FA.6.1-3

**Figura A.6.1-3/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto de par simétrico externo con relación a otro puerto externo**



K.44\_FA.6.1-4

**Figura A.6.1-4/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente longitudinal en puertos de pares simétricos externos múltiples puestos a tierra**



K.44\_FA.6.1-5

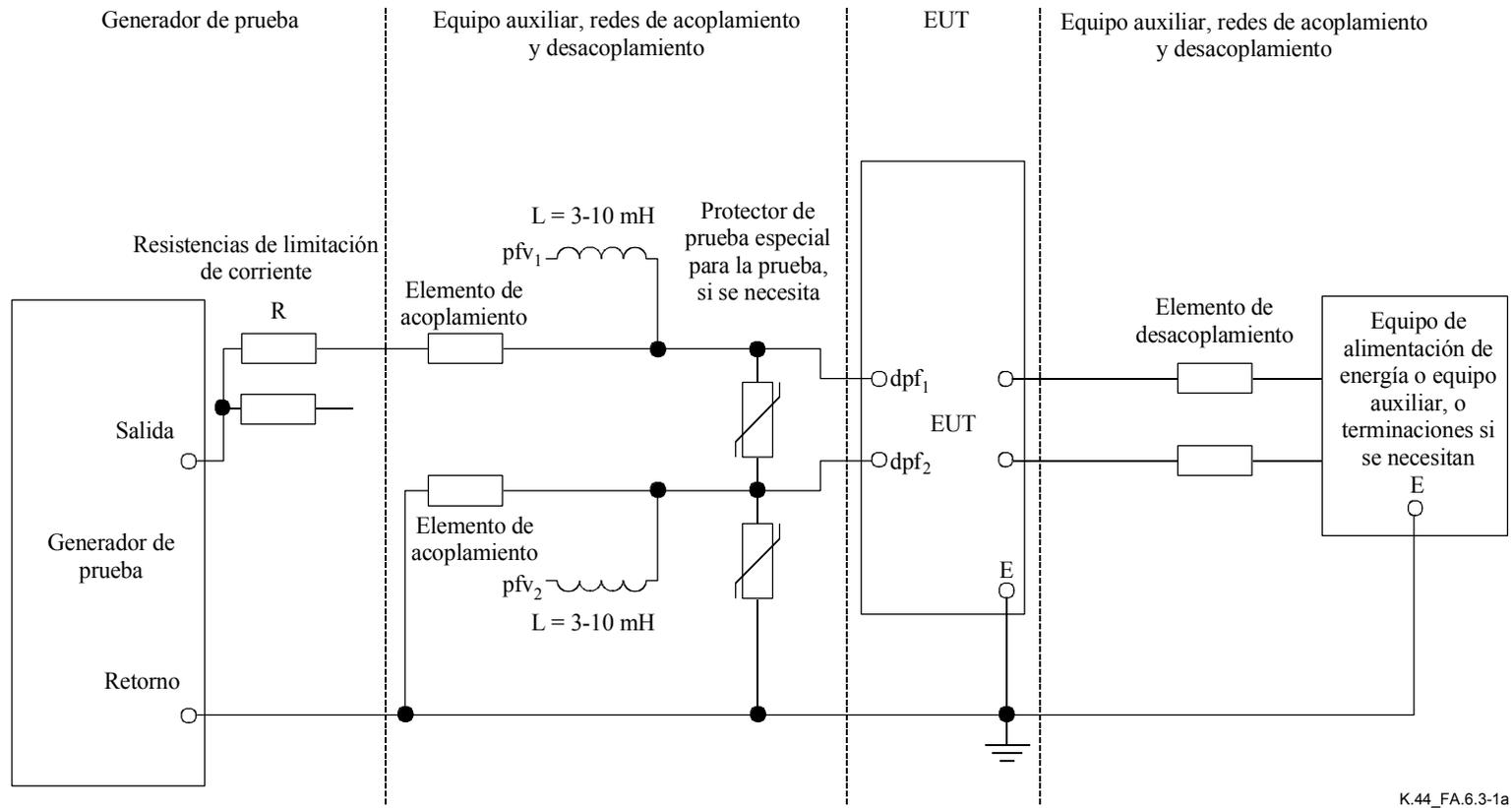
**Figura A.6.1-5/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente longitudinal en puertos de pares simétricos externos múltiples con relación a otro puerto externo**

*NOTA – Esta figura queda en estudio y no se ha incluido*

**Figura A.6.2-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para sobretensiones o sobrecorrientes transversales en un solo puerto externo de coaxial**

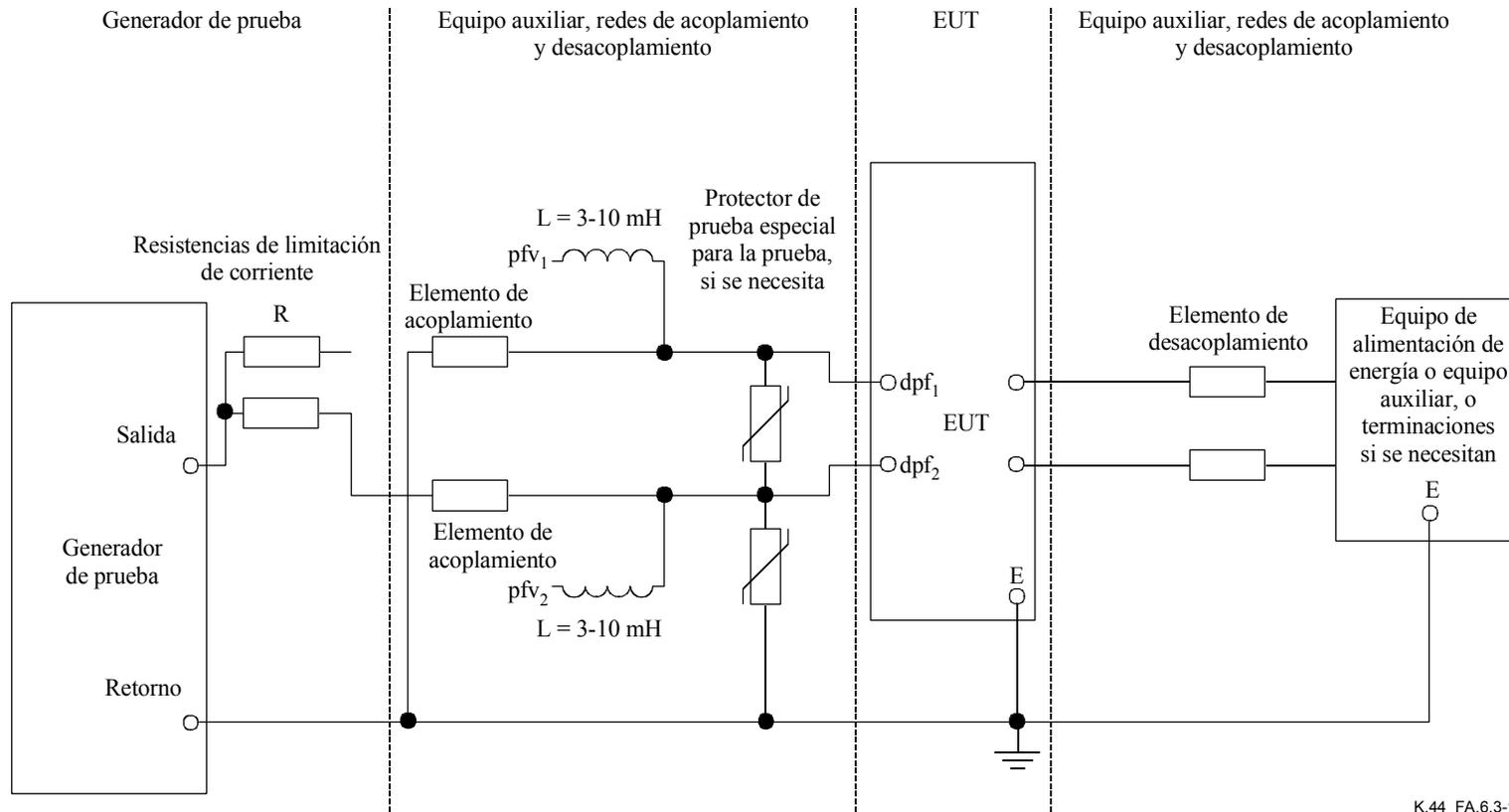
*NOTA – Esta figura queda en estudio y no se ha incluido*

**Figura A.6.2-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para pruebas de corriente en apantallamiento externo de coaxial**

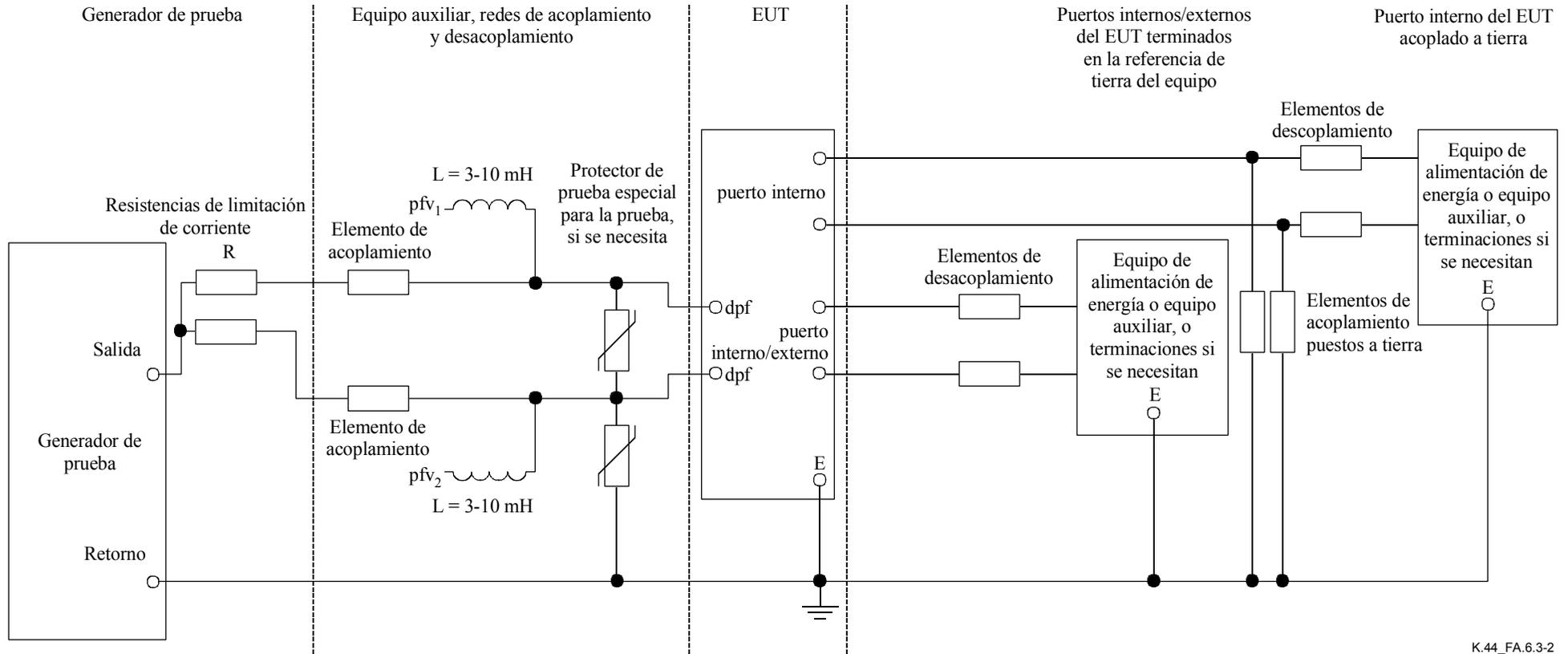


K.44\_FA.6.3-1a

**Figura A.6.3-1a/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto dpf externo (dpf2 puesta a tierra)**

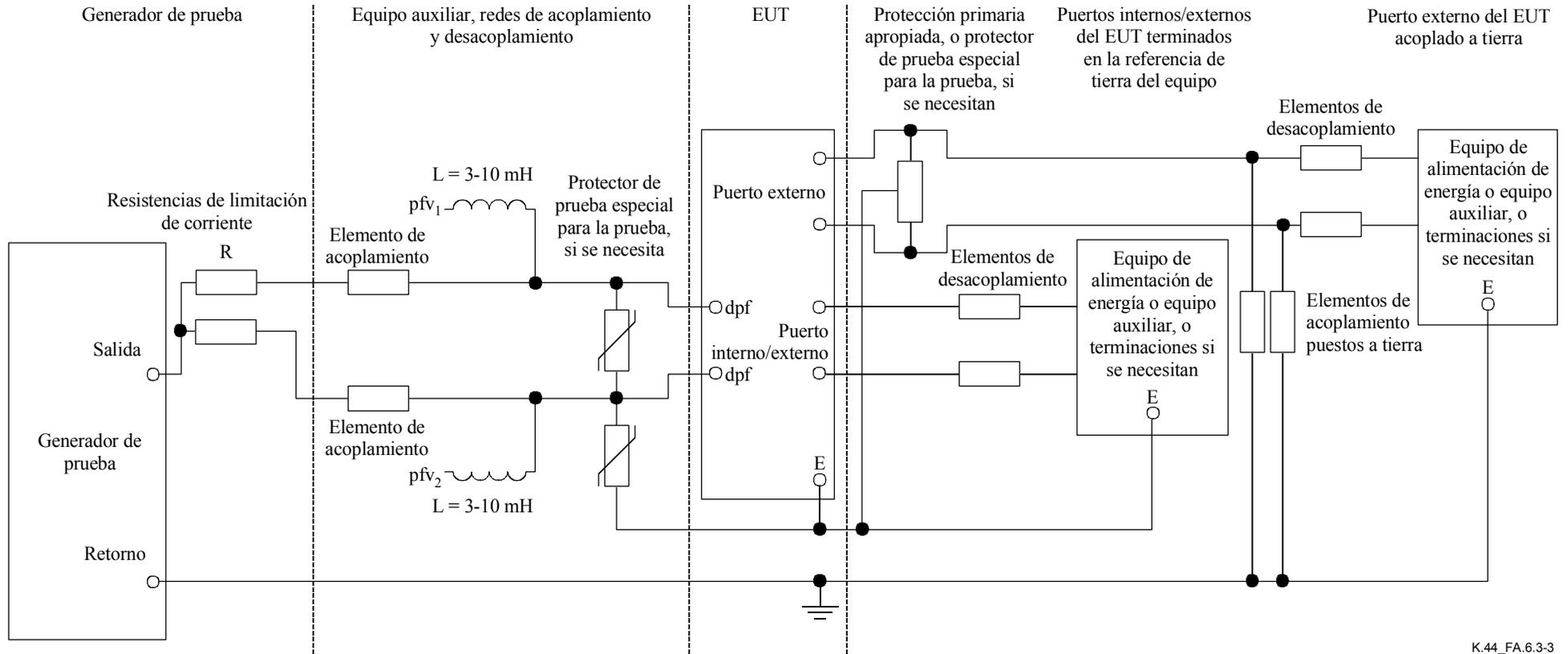


**Figura A.6.3-1b/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un solo puerto dpf externo (dpf1 puesta a tierra)**



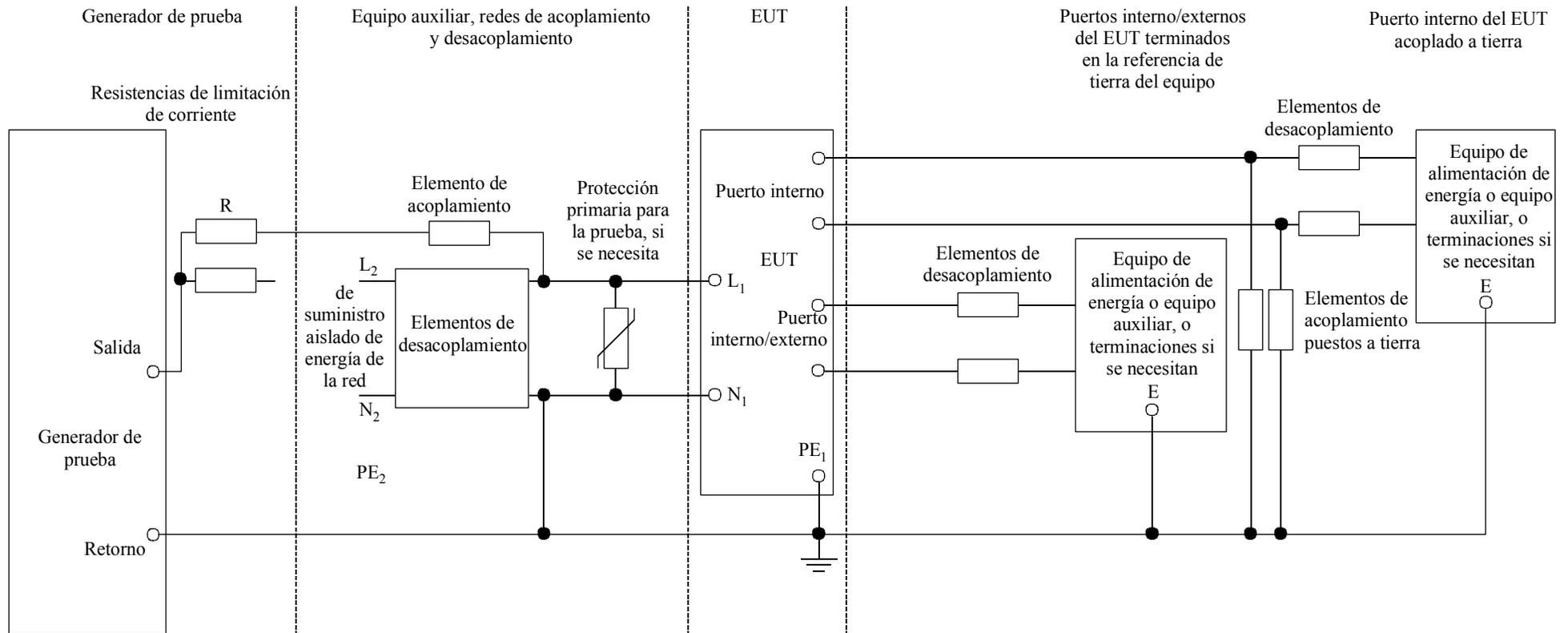
K.44\_FA.6.3-2

**Figura A.6.3-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto dpf externo puesto a tierra**



K.44\_FA.6.3-3

**Figura A.6.3-3/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto dpf externo con relación a otro puerto externo**

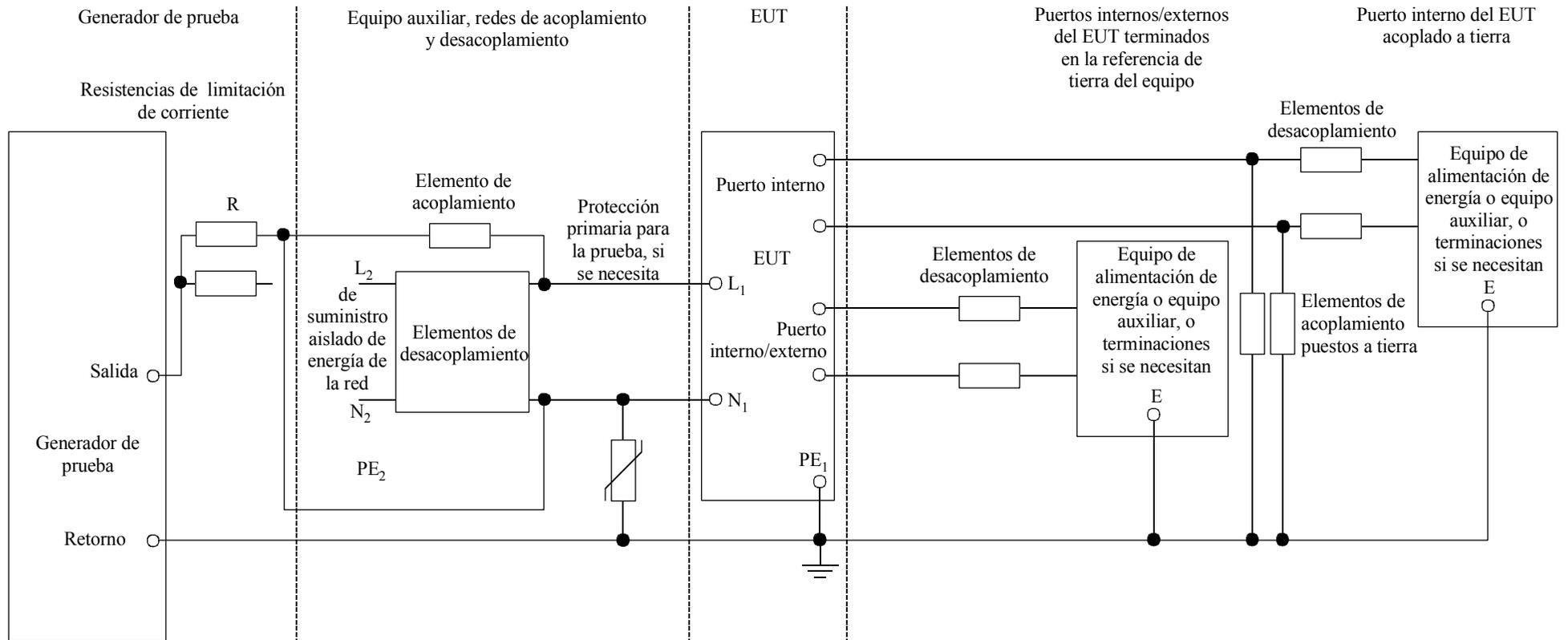


K.44\_FA.6.4-1

NOTA 1 – La longitud total del hilo, por cada SPD, para conectar la protección primaria debe ser de 1 metro.

NOTA 2 – Los elementos de desacoplamiento podrían ser un transformador de aislamiento con inductancia adicional en cada extremo de salida.

**Figura A.6.4-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal en un puerto externo de la red de energía**

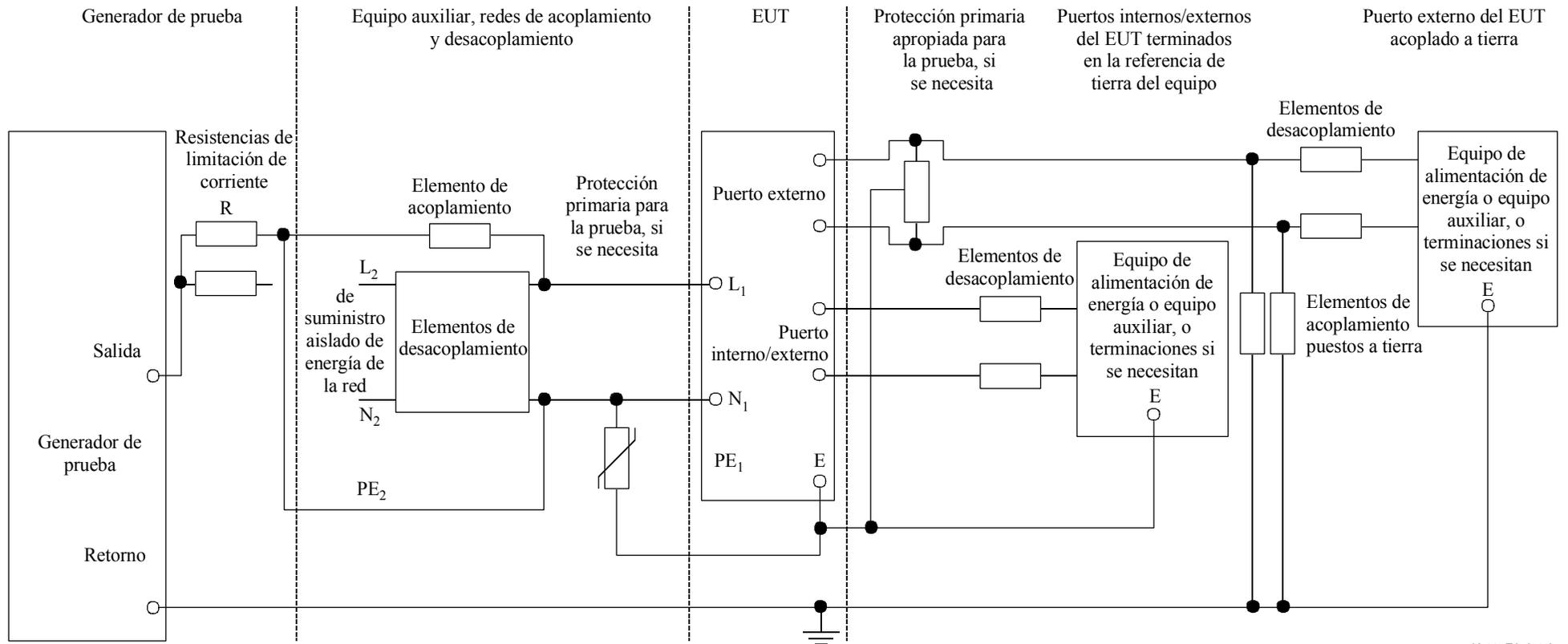


K.44\_FA.6.4-2

NOTA 1 – La longitud total del hilo, por cada SPD, para conectar la protección primaria debe ser de 1 metro.

NOTA 2 – Los elementos de desacoplamiento podrían ser un transformador de aislamiento con inductancia adicional en cada extremo de salida.

**Figura A.6.4-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión, sobrecorriente y elevación del potencial del neutro en un puerto externo de la red de energía puesto a tierra**

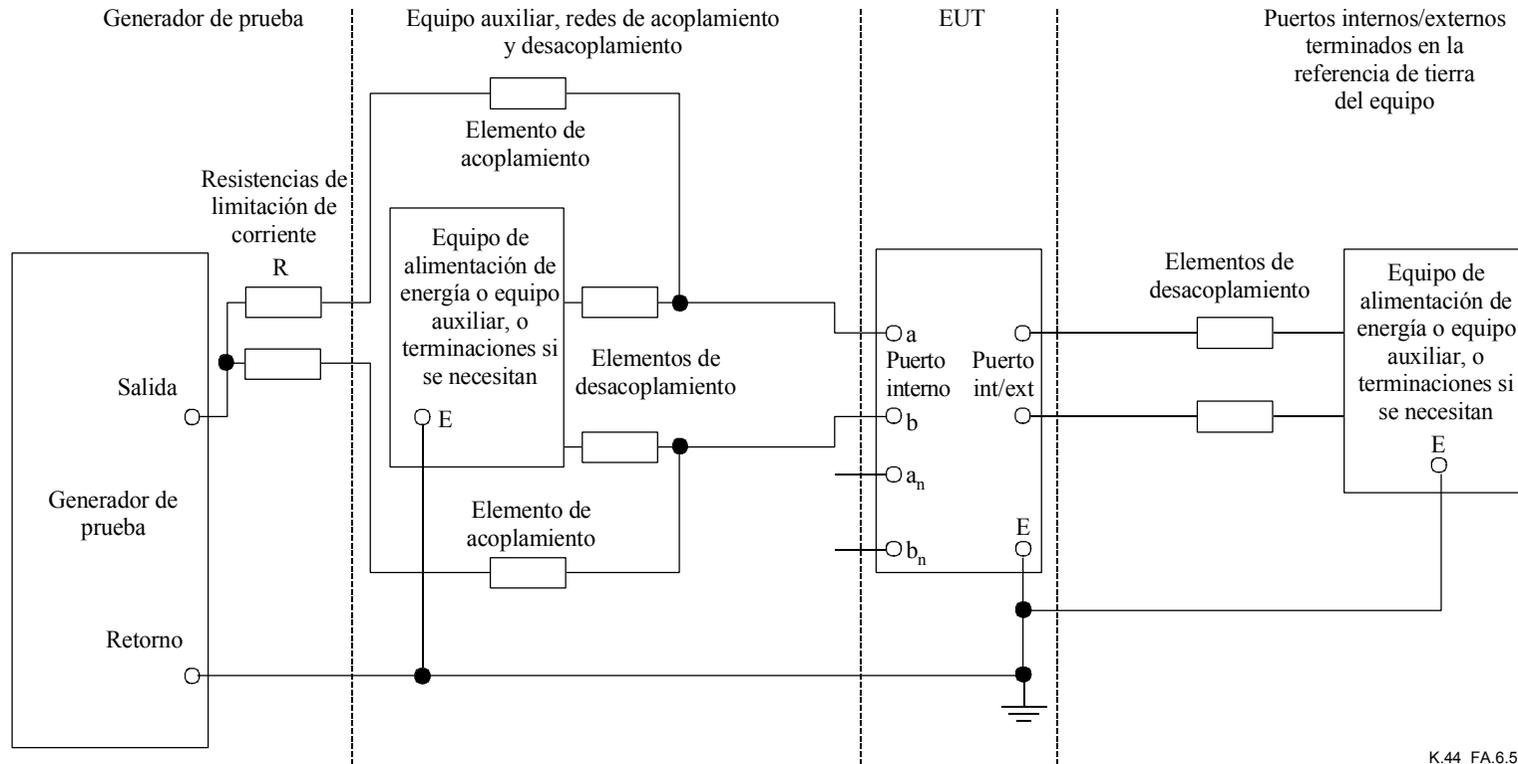


K.44\_FA.6.4-3

NOTA 1 – La longitud total del hilo, por cada SPD, para conectar la protección primaria debe ser de 1 metro.

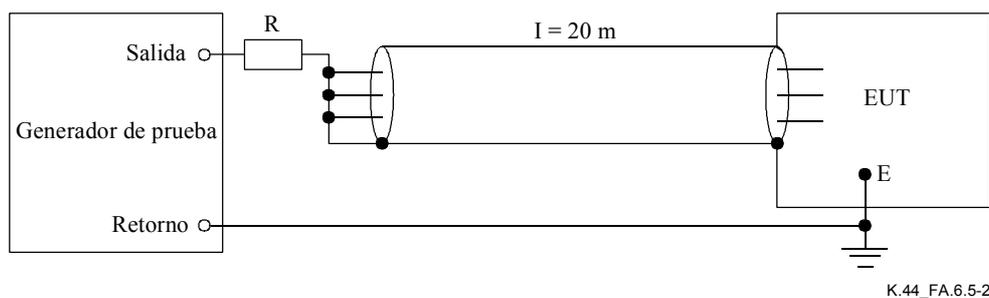
NOTA 2 – Los elementos de desacoplamiento podrían ser un transformador de aislamiento con inductancia adicional en cada extremo de salida.

**Figura A.6.4-3/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión, sobrecorriente y elevación del potencial del neutro en un puerto externo de la red de energía con relación a otro puerto externo**



K.44\_FA.6.5-1

**Figura A.6.5-1/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para cables internos sin apantallamiento**



Para efectos de repetición de la medición, se recomienda que la prueba se realice sobre un plano de referencia de tierra, con el cable colocado en el plano de tierra con una disposición "serpenteada". Todos los conductores se conectan entre ellos y con la pantalla. (Motivo: en el caso más desfavorable, los elementos de protección incluidos en el equipo equivalente, que no se muestra en la configuración de esta prueba, puede provocar un cortocircuito en la terminación.)

**Figura A.6.5-2/K.44 – Ejemplo de circuito de prueba para puertos internos de cables apantallados**

## Apéndice I

### Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas

#### I.1 Pruebas

##### I.1.1 Generalidades

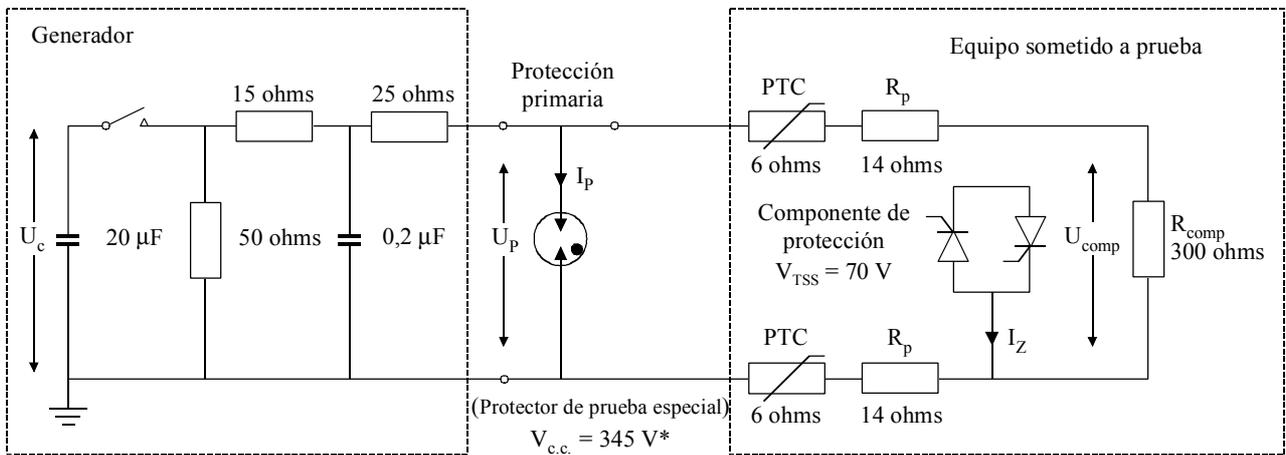
Para comprobar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para todos los niveles de tensión y corriente, hasta el nivel de prueba máximo, es necesario probar una amplia gama de tensiones/corrientes desde 0 hasta el nivel máximo especificado o realizar "pruebas inteligentes". En las cláusulas 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 20  $\Omega$  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 del protector primario de 230 V.

NOTA – En la práctica  $R_p$  puede variar de 10-100 ohms 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. Se supone que se protegerá con un GDT de 230 V y que el protector primario se sustituyó por un GDT con una tensión de descarga disruptiva de 345 V de c.c. conforme a 8.4.1 (es decir,  $300 V_{c.c.(\text{máx})}$  multiplicado por 1,15). El circuito ilustrado es relativo a una prueba transversal, véase la figura A.5.1-2a. A fin de no complicar el circuito, no se muestran los elementos de acoplamiento o desacoplamiento ni el equipo asociado. Las figuras ilustradas son únicamente para descargas con polaridad positiva. La resistencia de 300 ohm  $R_{comp}$  representa la impedancia transversal de los componentes que se deben proteger.

$R_p$  es la resistencia de protección. Su valor puede variar en la práctica entre 10 y 100  $\Omega$ . Esta resistencia realiza dos funciones. En primer lugar, está diseñada para fundirse en caso de contacto con líneas de energía a fin de 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 una resistencia, un PTC o algún tipo de dispositivo híbrido. En algunas aplicaciones, es posible que los PTC y las resistencias  $R_p$  estén en el MDF con la protección primaria. Obsérvese que no se recomienda que los PTC y las resistencias  $R_p$  estén en el MDF, ya que algunos operadores pueden tener MDF que no aceptan impedancias en serie. Además, es mejor que los PTC tengan la misma temperatura de la tarjeta de línea. No obstante, habrá algunas circunstancias en las que los PTC u otros tipos de protección contra las sobrecorrientes tengan que instalarse en el MDF, véase la Rec. UIT-T K.30 para obtener la orientación correspondiente.

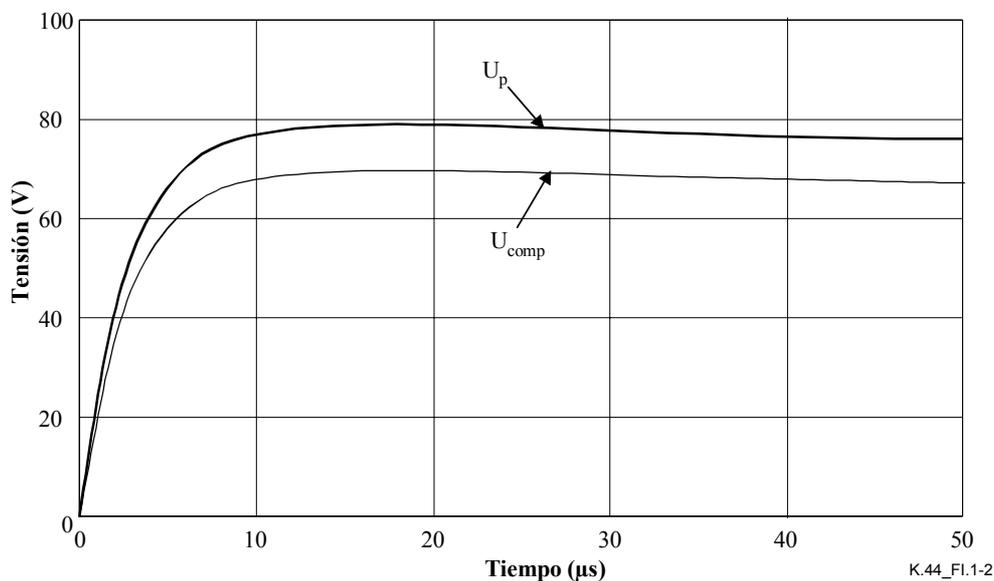
$R_{comp}$  es la resistencia del circuito. Su valor puede variar con la corriente y la frecuencia. No obstante, es usual que la corriente máxima que circula a través de  $R_{comp}$  sea inferior a 0,2 A. Esta corriente es despreciable, comparada con la corriente que es conducida por la protección inherente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

La protección inherente es un dispositivo de tipo PNP.

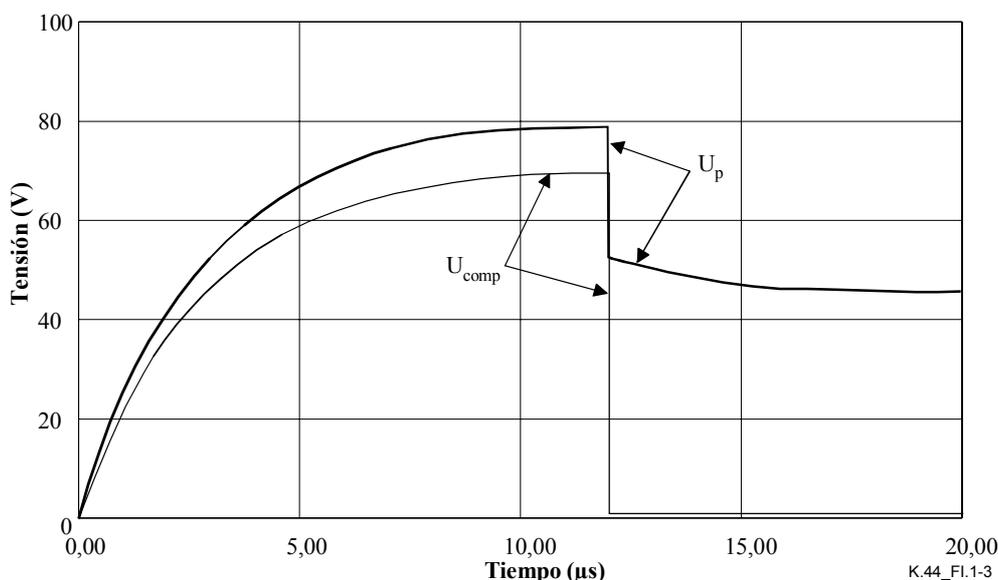
Cuando se aplican sobrecargas negativas, el tiristor entrará en funcionamiento si la tensión que lo atraviesa rebasa su tensión de conmutación, de aproximadamente 70 V. Después de la entrada en funcionamiento del tiristor, la caída de tensión es de únicamente 1 ó 2 V.

Con una  $U_c$  que produce una  $U_{comp} =$  cero a 69 V, no hay flujo de corriente en el tiristor, véase la figura I.1-2. Éste es el punto más crítico para los componentes y deben aplicarse 10 descargas alternando la polaridad. Con una  $U_c$  que produce una  $U_{comp} = 70$  V, la protección inherente funciona y la corriente circula a través de los PTC y las resistencias de  $14 \Omega$ , véase la figura I.1-3. Esto limitará la tensión en los componentes que se deben proteger a 70 V. La tensión en los PTC y las resistencias de  $14 \Omega$  y la corriente a través de los mismos aumentará 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 los PTC y las resistencias de  $14 \Omega$  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  $U_c$ .

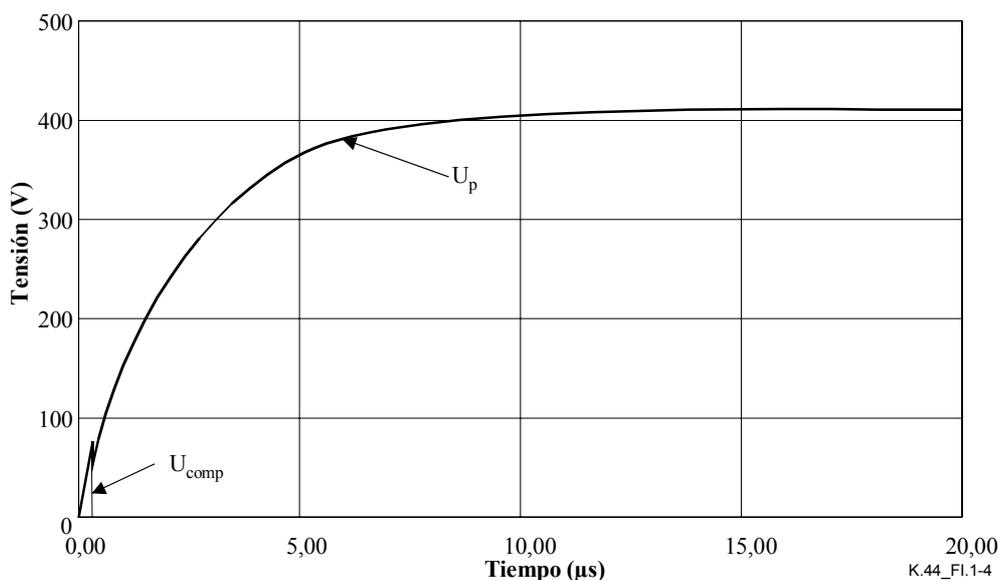


**Figura I.1-2/K.44 – Tensiones con  $U_c$  para obtener  $U_{comp}$  de 69 V**



**Figura I.1-3/K.44 – Tensiones con  $U_c$  para obtener una  $U_{comp}$  de 70 V**

En la figura I.1-4 se muestra la tensión máxima de onda completa de 10/700  $\mu s$  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  $\mu s$  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  $\mu s$  es 420 V.



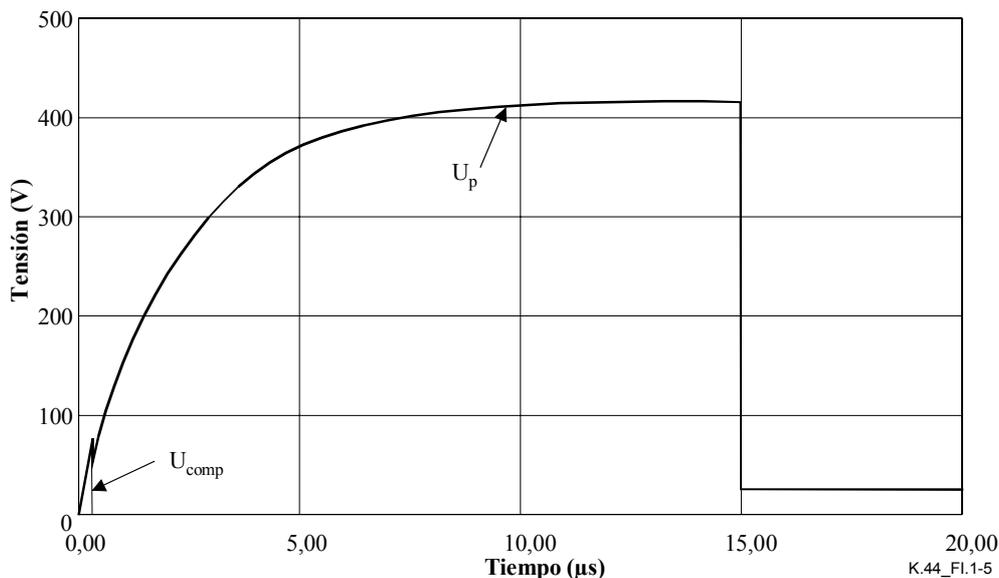
**Figura I.1-4/K.44 – Tensiones con  $U_c$  ajustada para provocar una  $U_p$  justo por debajo de la tensión disruptiva del GDT**

En la figura I.1-5 se muestra la tensión medida  $U_p$  en la protección primaria y la tensión en los PTC y en las resistencias de 14  $\Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 855 V y un GDT con una tensión de c.c. de ruptura de 345 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  $\mu s$  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 disruptiva de c.c.

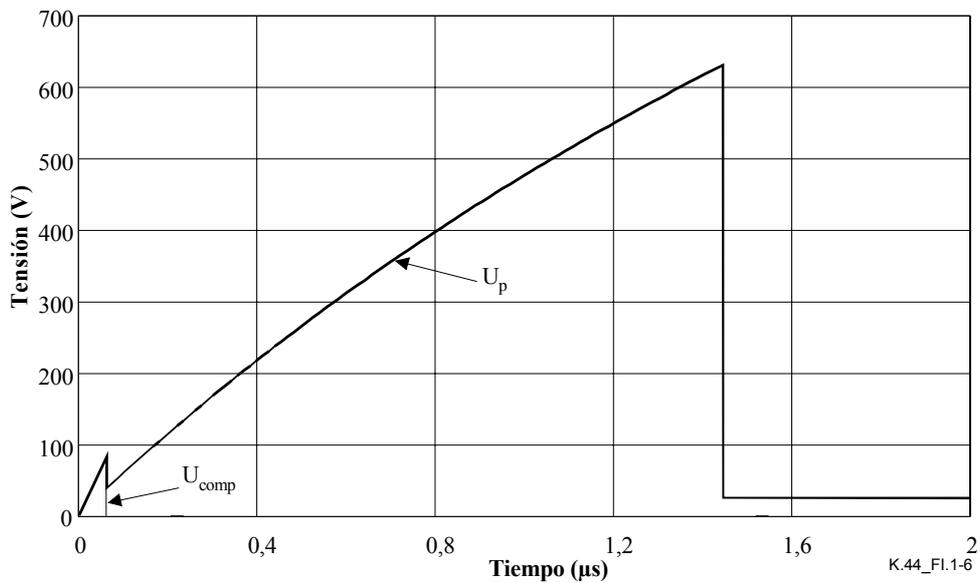
En la figura I.1-6 se muestra la tensión medida  $U_p$  en la protección primaria y la tensión en los PTC y en las resistencias de  $14 \Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 4 kV. La protección primaria fue activada después de  $1,5 \mu s$ , y la tensión máxima en el GDT es de 632 V. Aunque la 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 los PTC y las resistencias de  $14 \Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 10 kV. La protección primaria fue activada después de  $0,5 \mu s$ , y la tensión máxima en el GDT es de 690 V. Aunque la tensión es superior, la cantidad de energía transmitida al equipo es inferior.

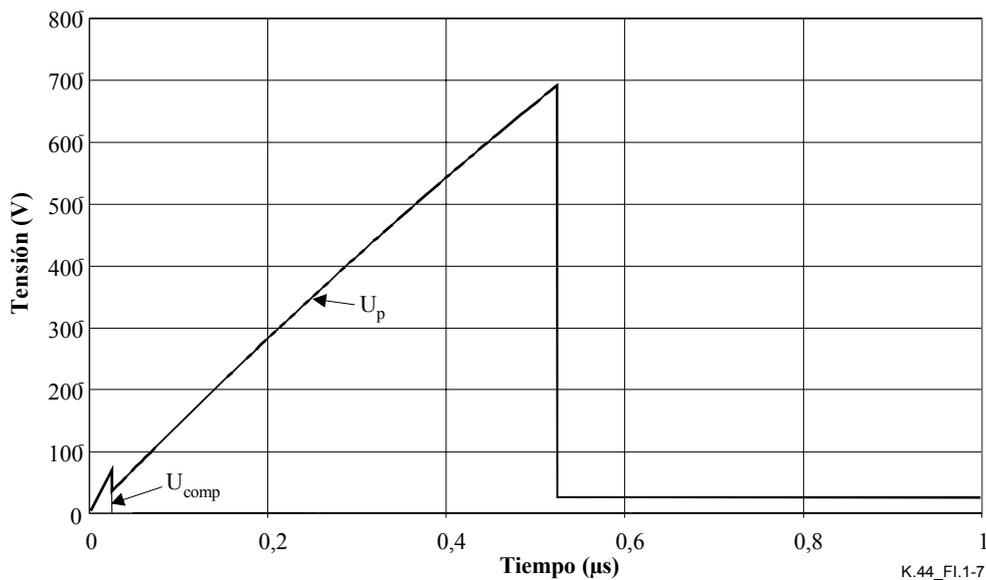


**Figura I.1-5/K.44 – Tensión  $U_p$  en el protector de prueba especial para una tensión de carga  $U_c$  de 855 V**

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**

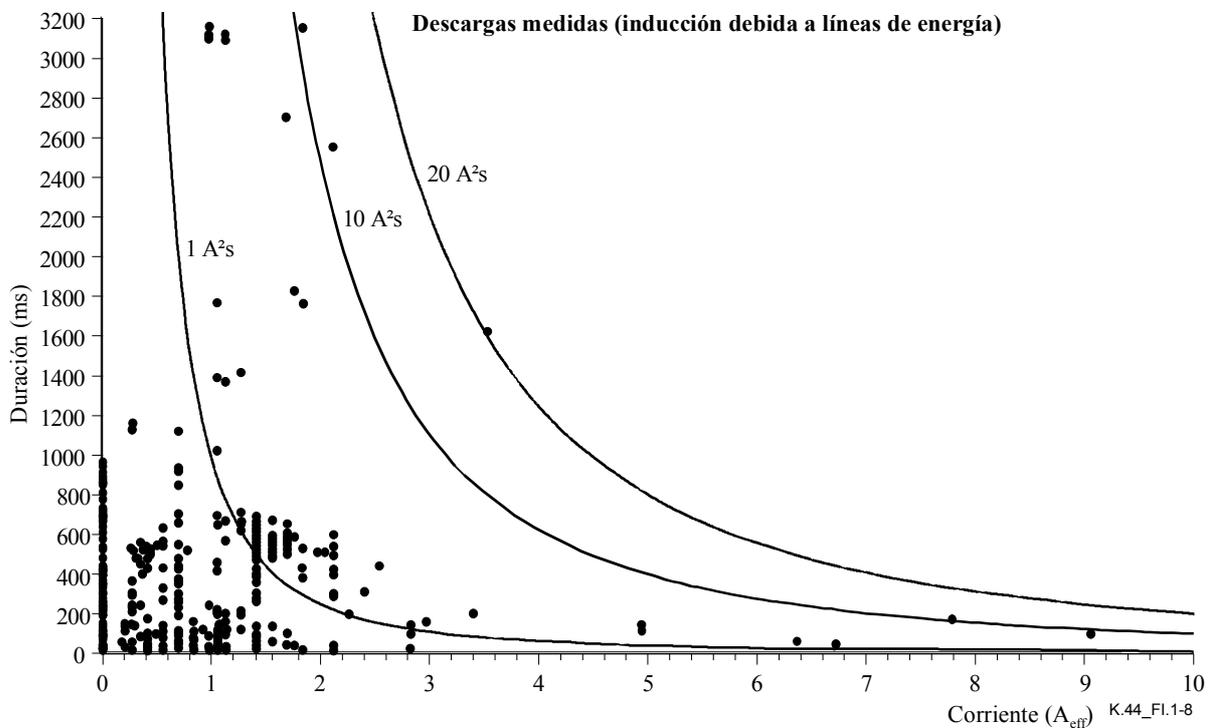
### I.1.3 Inducción debida a líneas de energía

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  $600 \Omega$  en serie con una capacidad 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  $100 \Omega$  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 10-20 A<sup>2</sup>s. En la figura I.1-8 se muestran las medidas de la inducción debida a las líneas de energía en Australia.

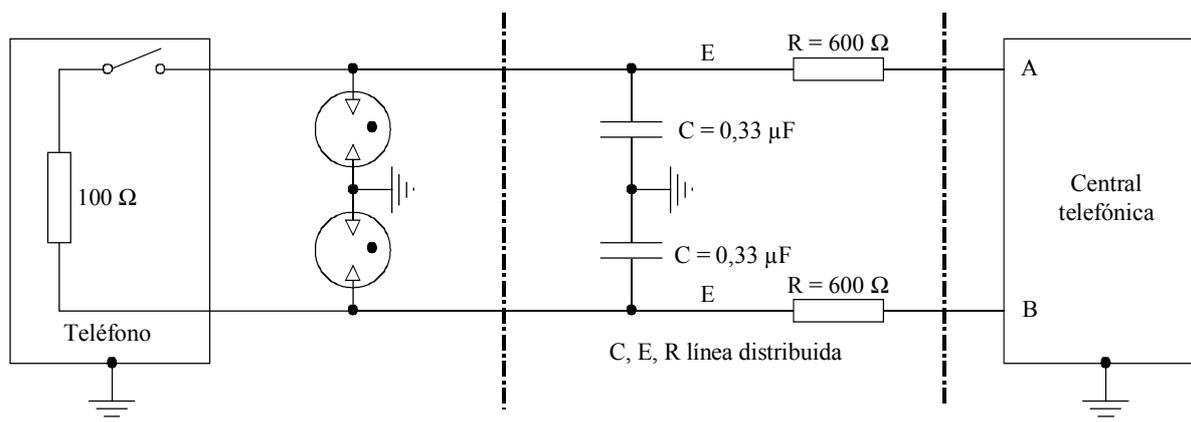
Estas sobrecorrientes con altos valores de energía específica se consideran como acontecimientos raros; por consiguiente, se convino en que la prueba de inducción, con protección primaria acordada, debe simular una sobrecorriente con una energía específica de 1 A<sup>2</sup>s para el requisito básico y de 10 A<sup>2</sup>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  $U_{c.a.(máx)} = 600$  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.

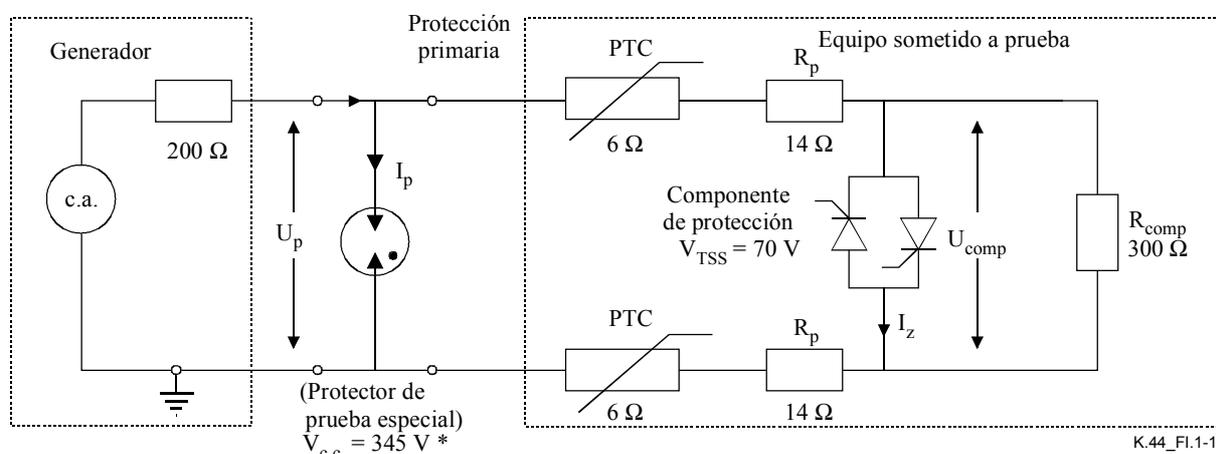
**Figura I.1-8/K.44 – Sobrecorrientes por inducción debida a líneas de energía medidas en Australia**



K.44\_FI.1-9

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

De la misma manera que con la prueba relativa a las descargas producidas por el rayo, también es necesario tener presente la necesidad de realizar pruebas a niveles de tensión específicos cuando se realizan las pruebas relativas a la inducción debida a líneas de energía. En la figura I.1-10 se muestra un ejemplo de circuito de tarjeta de línea que utiliza un PTC y un protector de conmutación. Durante las pruebas se supervisaron los puntos  $V_p$ ,  $I_p$ ,  $U_{comp}$  e  $I_z$ , con el fin de ilustrar el funcionamiento de varios componentes. La comprobación interna del equipo se realizó para ayudar a los diseñadores y a los encargados de efectuar las pruebas a comprender los aspectos que es necesario considerar al realizar las pruebas del equipo. No es necesario realizar la comprobación interna del equipo durante las pruebas de homologación.



\* Protector de prueba especial para protector primario de 230 V.

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

**Figura I.1-10/K.44 – Ejemplo de circuito**

Al aumentar la tensión de prueba, se observa que el dispositivo de conmutación empieza a funcionar en la cresta de la tensión (véase la figura I.1-11). Una tensión de generador apenas por debajo de la que desencadena la protección inherente, para la protección inherente de tipo conmutación y limitación, es el punto de máxima carga de tensión para los componentes que se deben proteger. Deben aplicarse cinco descargas con una tensión de generador apenas inferior a la que activa la protección inherente. Obsérvese que para la protección inherente de tipo fijación, la

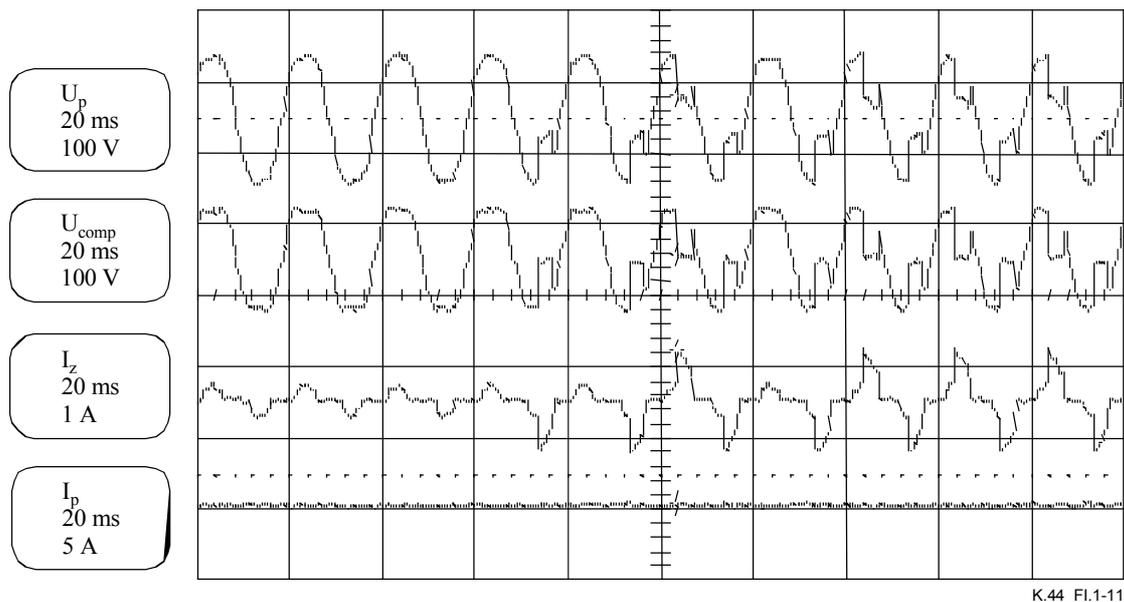
carga de tensión máxima ocurre generalmente para tensiones de generador apenas inferiores a la que activa el protector primario, es decir, una corriente máxima en el protector inherente. En este caso, deben aplicarse cinco descargas con una tensión de generador apenas inferior a la que activa el protector primario.

Al seguir aumentando la tensión de prueba, se observa que los dispositivos de conmutación funcionan durante todo el periodo de prueba aunque no hay suficiente calentamiento del PTC para provocar su funcionamiento, véase la figura I.1-12. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas. Como la  $U_{c.a.}$  sigue aumentando el PTC empieza a funcionar al final del periodo de prueba. En algunos casos el valor de  $U_{c.a.}$  no podrá ser lo suficientemente alta para activar el protector de prueba especial, véase la figura I.1-13. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas.

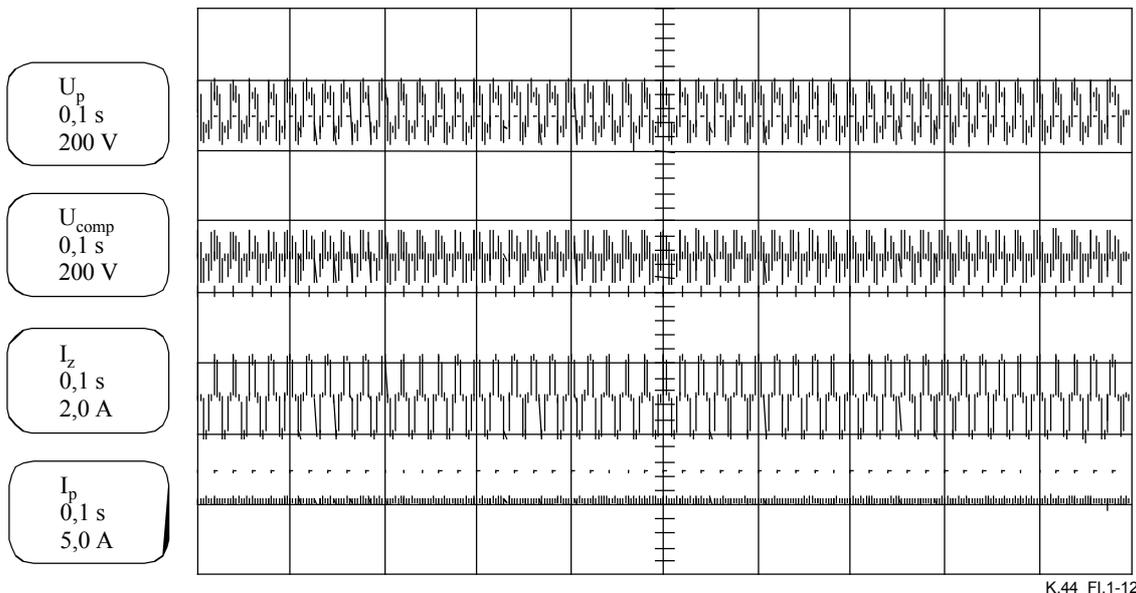
Al seguir aumentando  $U_{c.a.}$  el protector de prueba especial empezará a funcionar, véase la figura I.1-14. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas. En algunos casos, la  $U_{c.a.}$  necesaria para producir el funcionamiento del PTC será suficiente para provocar el funcionamiento del protector de prueba especial. En esa situación es necesario aplicar cinco descargas con un nivel de tensión tal que permita que el PTC apenas funcione y se active el protector de prueba especial al final de la prueba de duración útil.

También es necesario aplicar cinco descargas con el generador puesto en  $U_{c.a.(máx)}$ , dado que éste es el punto de máxima carga de corriente para el PTC.

En todos los casos en los que funcione el PTC puede resultar necesario esperar aproximadamente 15 minutos entre descargas para permitir que el PTC se enfríe.

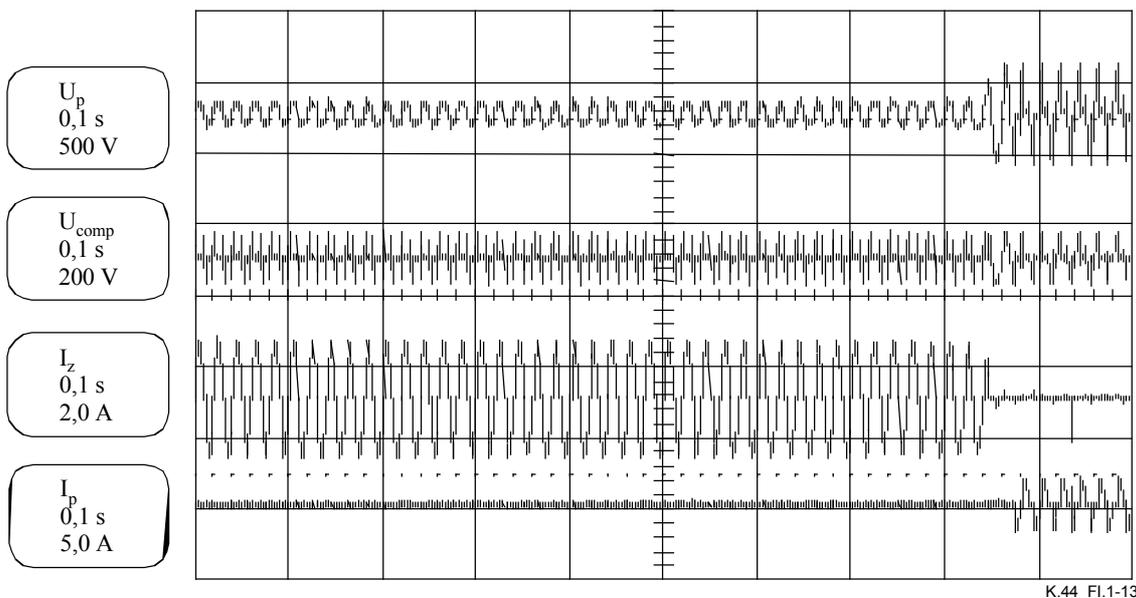


**Figura I.1-11/K.44 –  $U_{c.a.} = 127 V_{eff}$ , el protector inherente de conmutación empieza a funcionar**



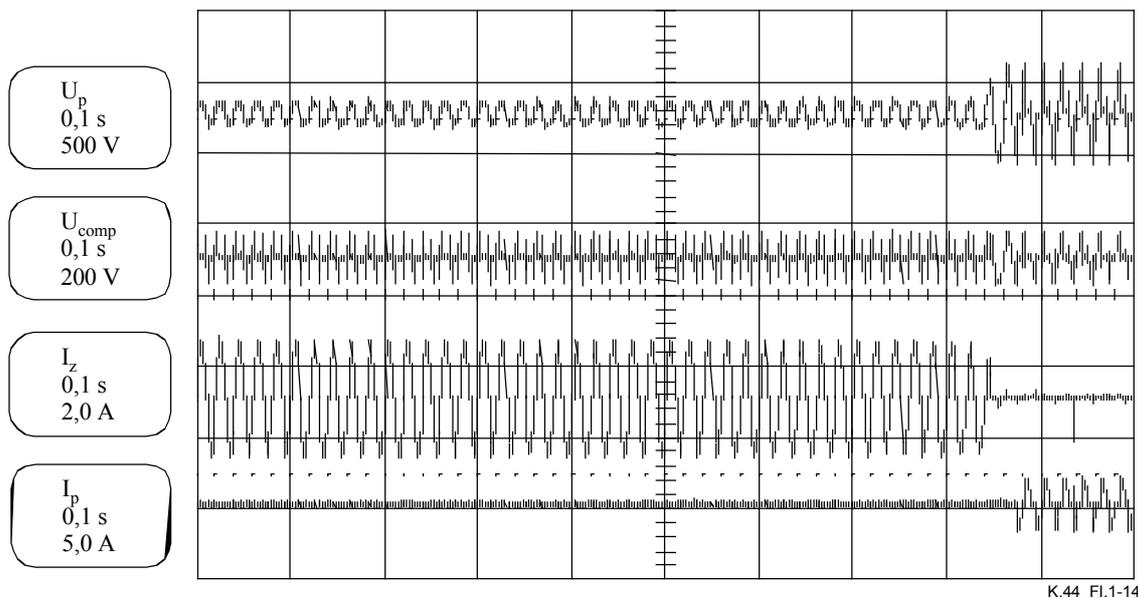
K.44\_Fl.1-12

**Figura I.1-12/K.44 –  $U_{c.a.} = 200 V_{eff}$ , funcionamiento del protector inherente de conmutación, sin funcionamiento del PTC**



K.44\_Fl.1-13

**Figura I.1-13/K.44 –  $U_{c.a.} = 220 V_{eff}$ , el PTC empieza a funcionar al final de la prueba (2s), por debajo de la tensión de activación del protector de prueba especial**



K.44\_Fl.1-14

**Figura I.1-14/K.44 –  $U_{c.a.} = 280 V_{eff}$ , funcionamiento del protector de prueba especial**

#### I.1.4 Contacto con líneas de energía

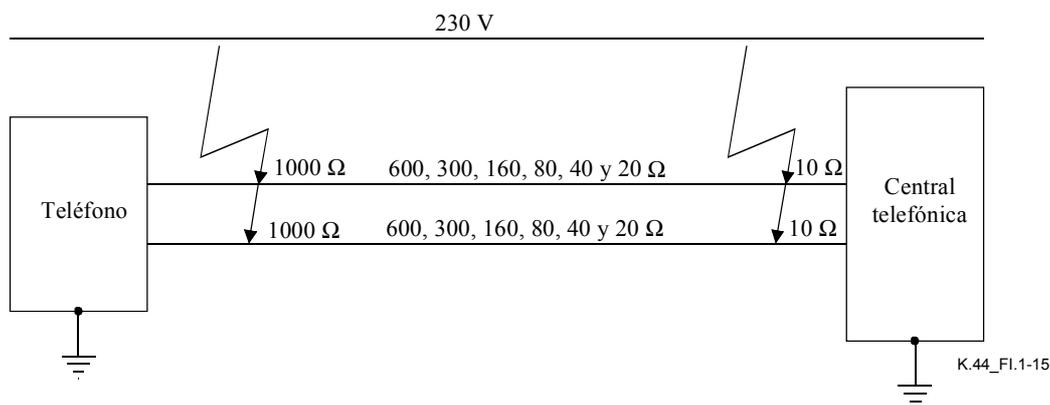
Al contacto con líneas de energía puede haber descargas de la amplitud de la tensión de la red. La tensión máxima es nominalmente  $240 V_{eff}$ . Se considera que la resistencia de la fuente del equipo está comprendida entre  $10 \Omega$  y  $1000 \Omega$ .

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.

Pueden surgir los siguientes peligros particulares para el equipo:

- Contacto cerca del equipo donde la resistencia combinada del circuito de cable y la terminación de equipo es baja y se produce una alta corriente. Esta condición se simula en la prueba de la figura I.1-15 mediante una resistencia de  $10 \Omega$ . La corriente de la prueba puede limitarse a valores más bajos, según las reglamentaciones nacionales.
- Contacto a la distancia máxima del equipo en que la resistencia combinada del circuito de cable y la terminación de equipo es alta y circula de manera permanente una corriente pequeña pero perjudicial. Esta condición se simula mediante una resistencia de  $1000 \Omega$ .
- La experiencia muestra que, en la realidad, con valores comprendidos entre  $10$  y  $1000 \Omega$ , los equipos son extremadamente susceptibles a los daños y al peligro de incendio debido al recalentamiento que produce la corriente.

Al producirse el contacto con las líneas de energía hay generalmente una tensión de fuente igual a la tensión de la red local. La resistencia entre la fuente y la tarjeta de línea consiste en la resistencia de la línea y la resistencia en el contacto defectuoso. La experiencia ha mostrado que la situación más desfavorable puede ocurrir en una estrecha gama de resistencias. Para garantizar la comprobación de la condición más desfavorable se utilizan los siguientes valores de resistencias de prueba:  $10 \Omega$ ,  $20 \Omega$ ,  $40 \Omega$ ,  $80 \Omega$ ,  $160 \Omega$ ,  $300 \Omega$ ,  $600 \Omega$  y  $1000 \Omega$ .



**Figura I.1-15/K.44 – Mecanismo del contacto con líneas de alimentación de energía**

Durante el periodo de estudios se acordó revisar las pruebas de contacto con líneas de energía con estos 8 valores de resistencia como resultado de un problema experimentado por British Telecom. Sin embargo, teniendo en cuenta que la prueba de contacto con líneas de energía tiene una duración de 15 minutos, se llegó a la conclusión de que realizar las pruebas con los 8 resistores era demasiado oneroso, y que la elección de los resistores intermedios debía quedar a discreción de la persona que realiza la prueba. Hubo también cierto debate acerca de la posibilidad de reducir la duración de la prueba cuando no afecta al resultado. En este caso, es necesario dar orientación acerca de la elección del resistor de prueba y de la duración de la misma.

Existen dos métodos de diseño conocidos para realizar la prueba de contacto con líneas de energía, a saber: utilizar un enlace fusible o utilizar un PTC en serie con la corriente de línea. Tanto para el enlace fusible como para el PTC, desde el punto de vista del circuito el peor caso es el resistor de prueba que produce la máxima transferencia de energía en el circuito. Esto puede determinarse haciendo pruebas con todos los valores de los resistores de prueba y determinando la energía máxima con un osciloscopio gracias a la medición de la tensión a la entrada del circuito y de la corriente que circula en el circuito, integrando luego el producto de la tensión y la corriente en el tiempo.

- a) Un enlace o un resistor fusible están diseñados para recalentarse e interrumpir el circuito, impidiendo así la circulación de una corriente excesiva en el equipo. Cuando se reduce al mínimo el número de pruebas, debe utilizarse el resistor que causa la disipación de energía máxima en el circuito. Cuando está probado que el resistor no se contractará y reconectará el circuito al enfriarse, la prueba puede pararse una vez que la corriente ha sido interrumpida.
- b) Un PTC está concebido para que aumente su resistencia cuando circula por él una corriente excesiva. La corriente de caso más desfavorable para un PTC es el resistor más bajo, es decir, la corriente de cresta más alta. Cuando se reduce al mínimo el número de pruebas, debe utilizarse la resistencia que causa la disipación de energía máxima en el circuito y la resistencia de 10 Ω.

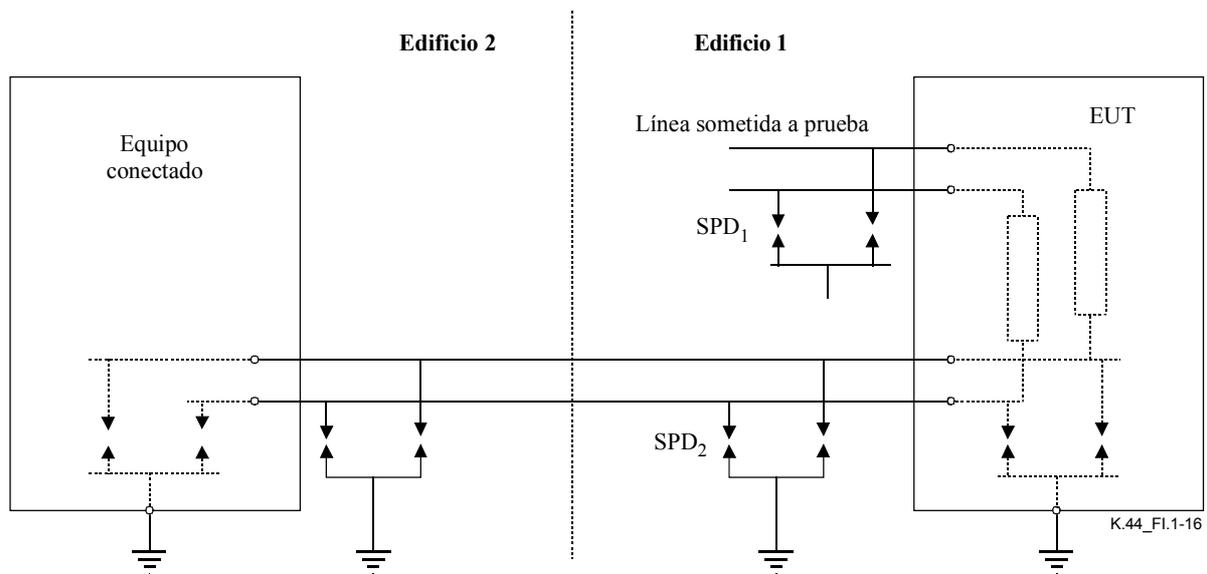
Generalmente, una vez que el PTC ha funcionado, la corriente estará limitada a valores bajos y no habrá cambios durante el resto de la prueba. No obstante, ha habido casos en que el PTC ha empezado a fallar al final de la duración, lo que puede causar un recalentamiento excesivo y la posibilidad de incendio. Asimismo, ha habido casos en que el PTC forma un oscilador de relajación con una constante de tiempo larga. Sin embargo, cuando está probado que el PTC no fallará durante la prueba o que no hay otro factor que altere el resultado de la misma, ésta puede pararse una vez que la corriente se ha estabilizado en un valor bajo, lo que impedirá que se produzca una situación de recalentamiento.

Si no puede determinarse la resistencia del caso más desfavorable, la prueba debe realizarse con todos los valores de resistencia.

### I.1.5 Terminaciones y SPD en los puertos no sometidos a prueba

En la figura A.2-1 se ilustran los posibles puertos de una pieza de equipo compleja.

Este equipo tiene puertos externos e internos y se debe tener en cuenta su influencia sobre el puerto sometido a prueba. El EUT se puede conectar a un equipo asociado dentro del mismo edificio, mediante cables internos, o a un equipo en otro edificio, a través de cables externos. Los SPD se pueden utilizar en ambos tipos de puertos, véase la figura I.1-16.



**Figura I.1-16/K.44 – Terminaciones y dispositivos de protección contra descargas (SPD) en el equipo**

Durante la prueba, los puertos tendrán que estar terminados por una conexión con equipos asociados o mediante una impedancia o resistencia de terminación Y conectados a tierra mediante un elemento de acoplamiento, uno tras otro. Es necesario que se tengan en cuenta las diferencias entre los puertos externos e internos. Por lo general, los puertos internos se conectan a equipo que tiene el mismo punto de referencia de tierra que el equipo sometido a prueba. Los puertos externos, por otro lado, se pueden conectar a equipo con una referencia de tierra distinta, por ejemplo, en otro edificio. Esto significa que puede fluir corriente hacia un puerto externo y desde otro puerto externo.

Los problemas que se tienen que considerar cuando se añaden terminaciones al equipo o se pone un puerto a tierra son:

- 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 de c.c. disruptiva 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 acoplamiento a tierra de los puertos no sometidos a prueba:
  - a) sin terminación y sin acoplamiento a tierra;
  - b) sin terminación y acoplado el puerto a tierra;
  - c) sin acoplamiento a tierra y añadiendo una terminación;
  - d) con un acoplamiento a tierra y una terminación.

Durante la prueba de puerto a puerto es necesario tener en cuenta lo siguiente para el segundo puerto.

- 1) otras líneas/pares del tipo de puerto sometido a prueba;
- 2) líneas/pares de otros tipos de puerto.

## **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 ( $200 \text{ }\Omega$ ) 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 Rec. UIT-T K.20 (1996) se especificaba una  $U_{c(\text{máx})}$  de  $600 \text{ V}$  a través de  $600 \text{ }\Omega$  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  $9 \text{ A}_{\text{eff}}$  (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.

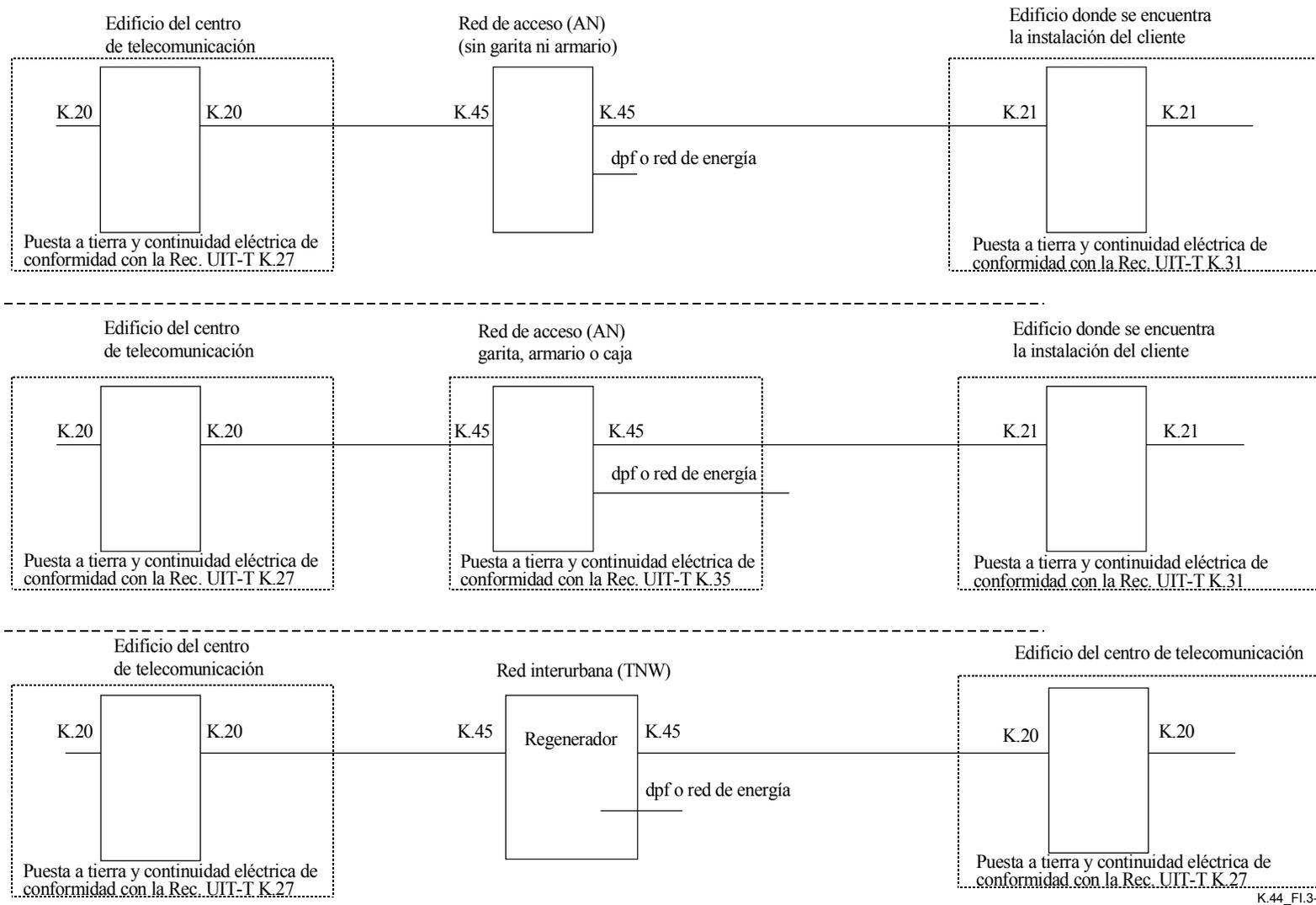
## **I.3 Relación entre la Rec. UIT-T K.44 y otras Recomendaciones genéricas/específicas**

La Rec. UIT-T K.20 se refiere al equipo instalado en un centro de telecomunicación. En la Rec. UIT-T 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 Rec. UIT-T 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 Rec. UIT-T 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.



**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 Rec. UIT-T 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 Rec. UIT-T K.27 describe la puesta a tierra y la continuidad eléctrica dentro de un edificio de telecomunicación, y la Rec. UIT-T 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 de c.c., pero generalmente inferior a la tensión de activación de  $1 \text{ kV}/\mu s$ . En segundo lugar, la tensión de activación de 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 de c.c. de un GDT de 230 V puede variar de 180 V a 300 V (Rec. UIT-T 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 Rec. UIT-T 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.

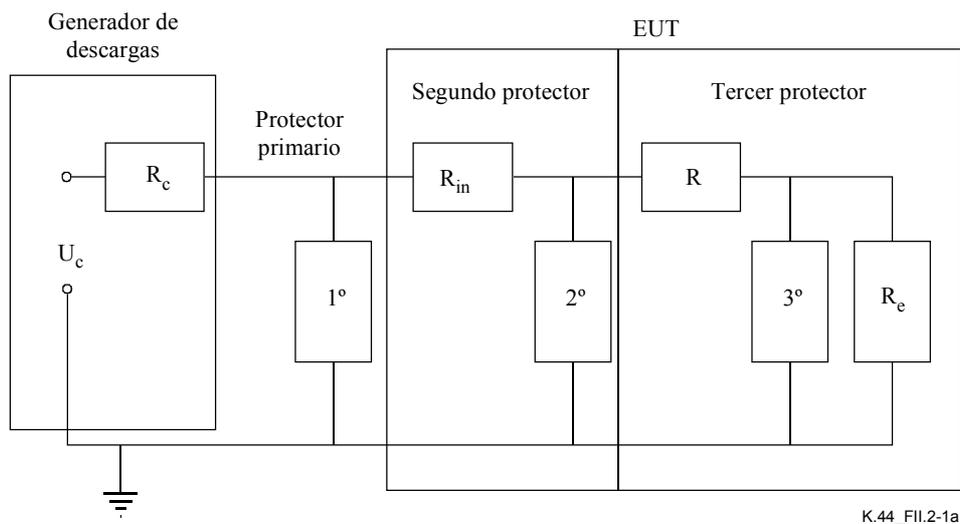
Es importante que haya resistencia entre los protectores para que no se conecten directamente uno a otro; entonces, el circuito se asemeja a una escalera. Teniendo en cuenta la coordinación entre la protección primaria y la protección inherente, debe haber una resistencia  $R_{in}$ . Esta  $R_{in}$  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.

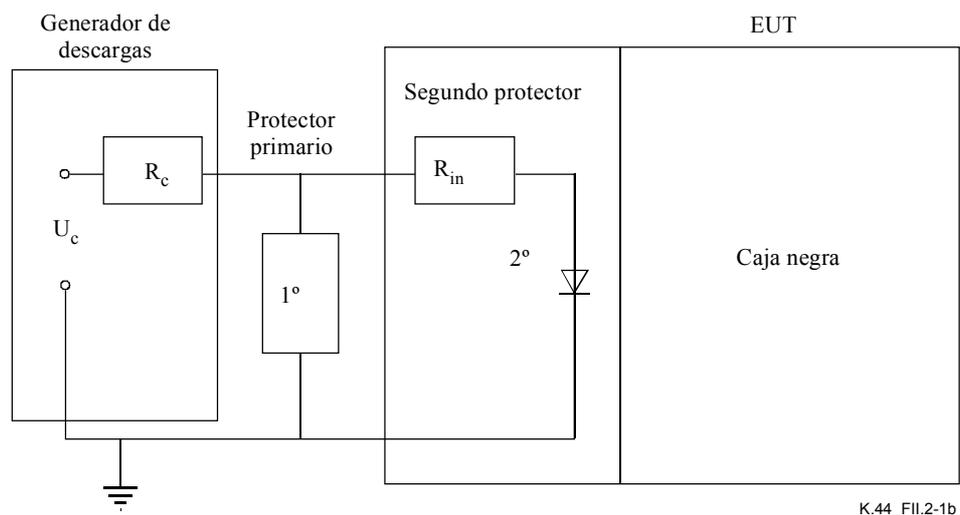
Por consiguiente, el protector inherente no es un dispositivo secundario, sino esencial, ya que por lo general funciona antes que el protector primario y protege los componentes siguientes. La caída de tensión en la resistencia de coordinación, debida a la corriente que circula en el protector inherente,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

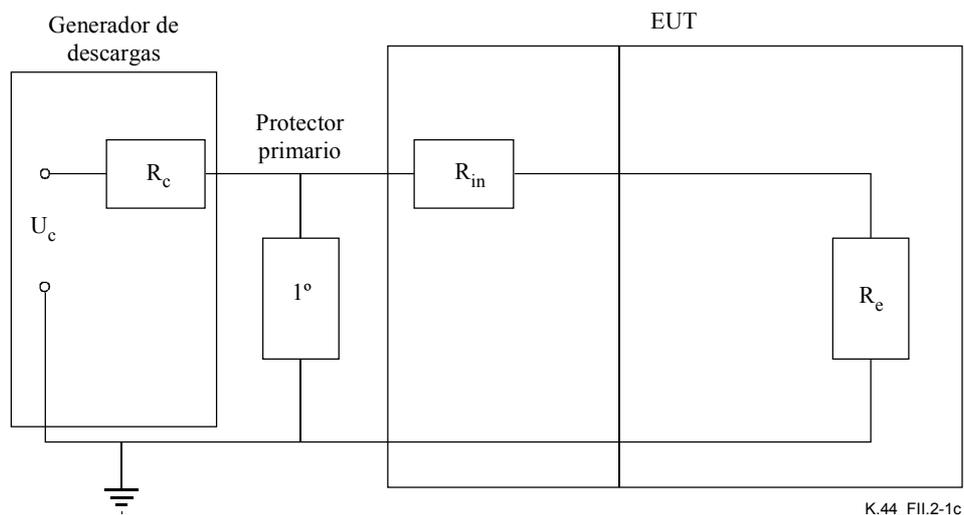
Si hay un protector inherente, como por ejemplo un SPD semiconductor en el EUT, generalmente funciona más rápido que el protector primario que está en el MDF. Si no hay resistencia entre el protector primario y el protector inherente, el funcionamiento del protector inherente perturba el funcionamiento 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.2.4 Prueba de coordinación de los SPD de conmutación y de fijación de nivel

El documento CEI TS 61312-3 incluye información sobre la teoría de coordinación. El texto a continuación incluye las pruebas específicas que se deben realizar para confirmar la coordinación.

Hay cuatro combinaciones de SPD que se ilustran en la figura II.2-2.

**Figura II.2-2a:** Para realizar pruebas de coordinación de los SPD conforme a la figura II.2-2a, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección primaria (máxima energía en el protector inherente).
- 2) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  ( $dV/dt$  de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

**Figura II.2-2b:** Para realizar pruebas de coordinación de los SPD conforme a la figura II.2-2b, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

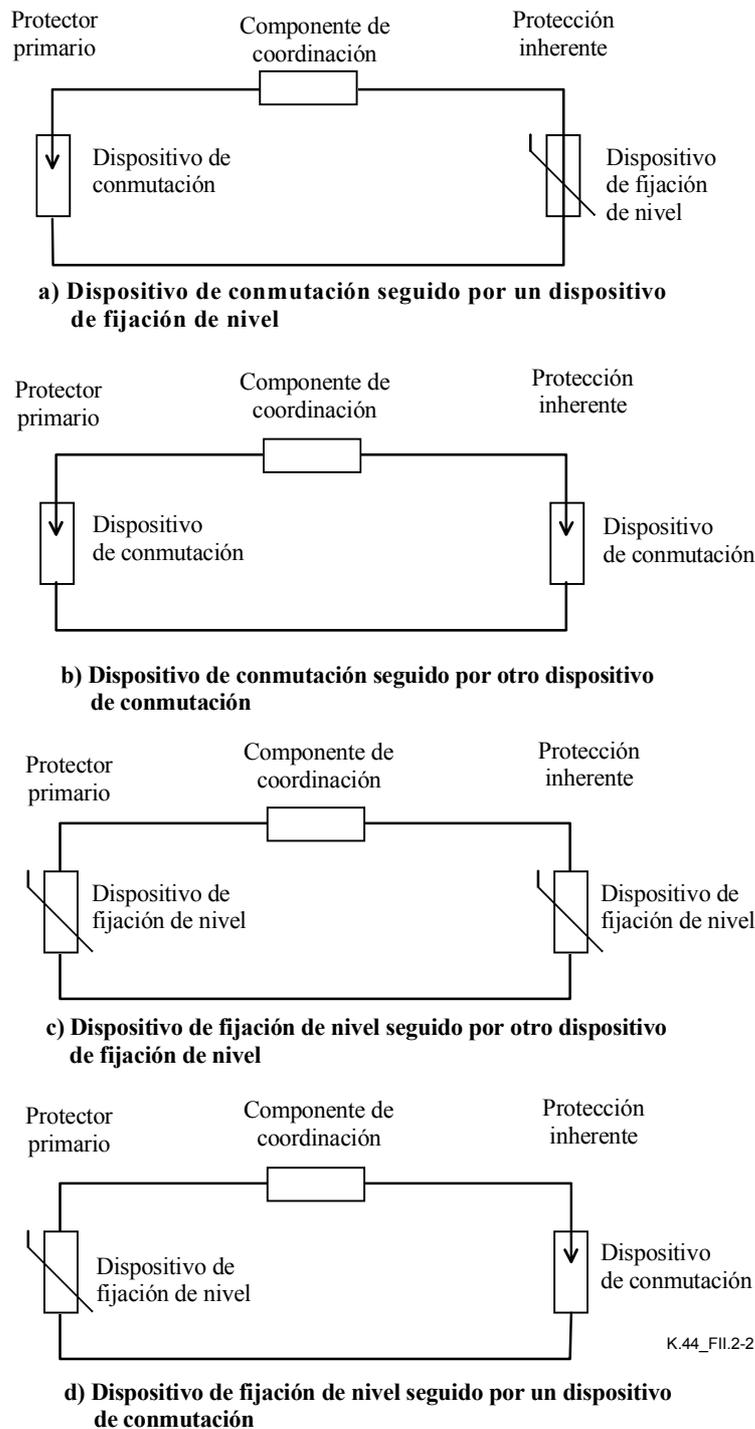
- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección inherente (máxima energía en la electrónica).
- 2) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección primaria (máxima energía en el protector inherente).
- 3) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  ( $dV/dt$  de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

**Figura II.2-2c:** Para realizar la prueba de coordinación de los SPD conforme a la figura II.2-2c, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  ( $dV/dt$  de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

**Figura II.2-2d:** Para realizar la prueba de coordinación de los SPD conforme a la figura II.2-2d, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección inherente (máxima energía en la electrónica).
- 2) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  ( $dV/dt$  de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).



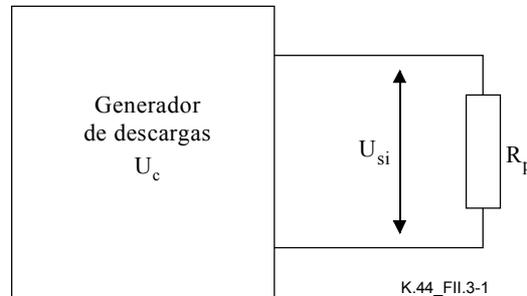
**Figura II.2-2/K.44 – Combinaciones de SPD**

## II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo

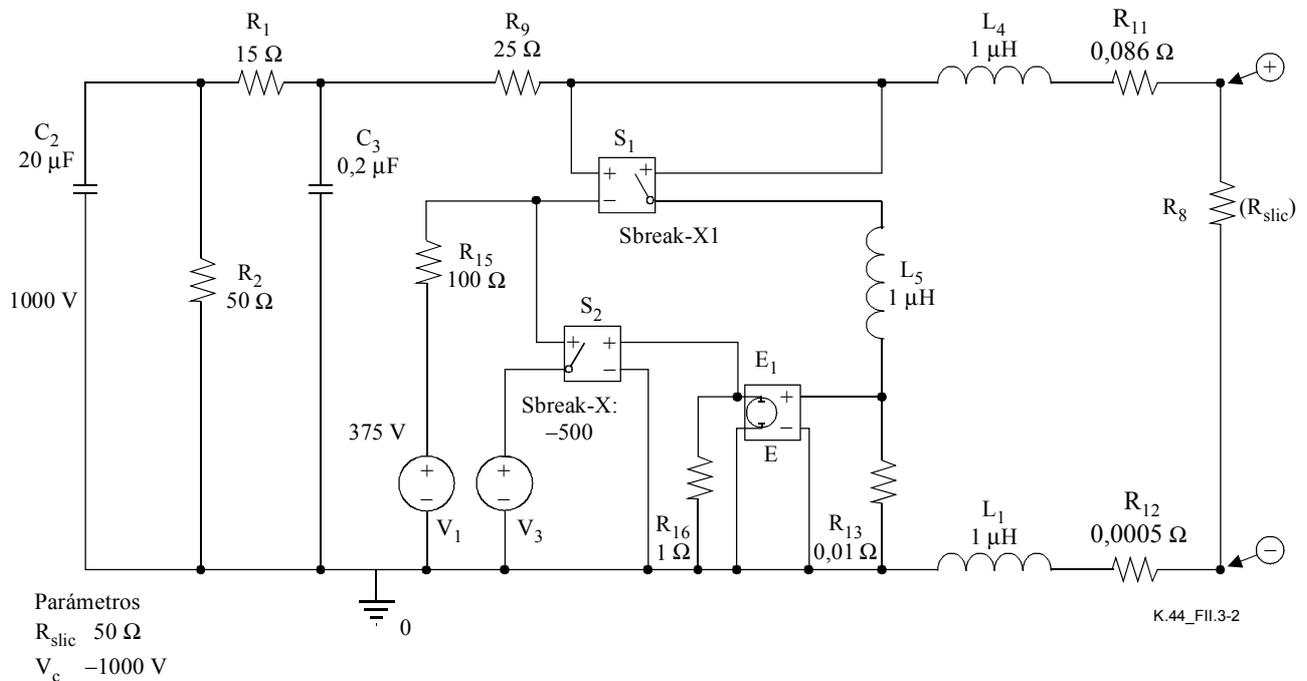
### II.3.1 Generalidades

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.

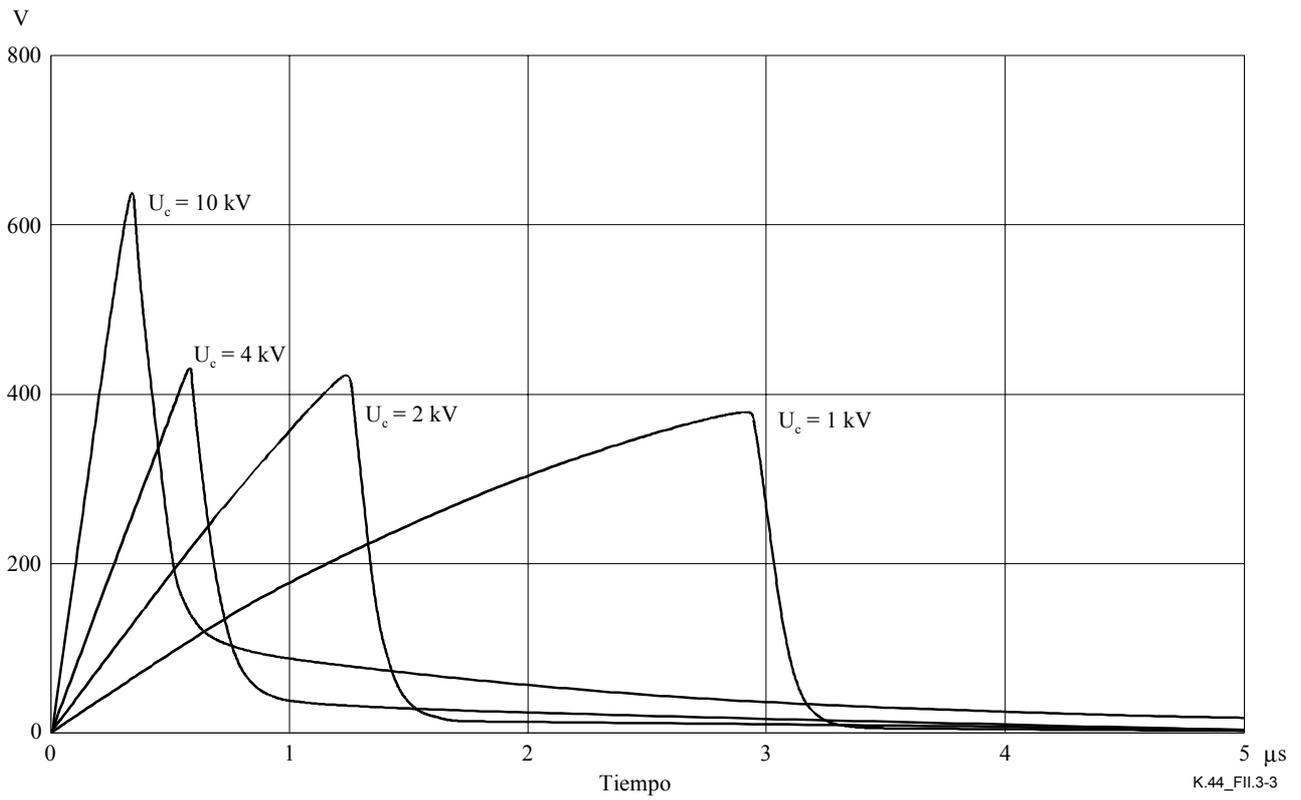
La figura II.3-4 ilustra la misma simulación, pero con un cable de MDF de 10 m entre el GDT y el equipo y un cable del MDF a tierra de 10 m. La inductancia del cable del MDF de 10 m y del cable a tierra de 10 m es de casi 10  $\mu\text{H}$ . La inductancia total de 20  $\mu\text{H}$  puede ser un filtro 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.



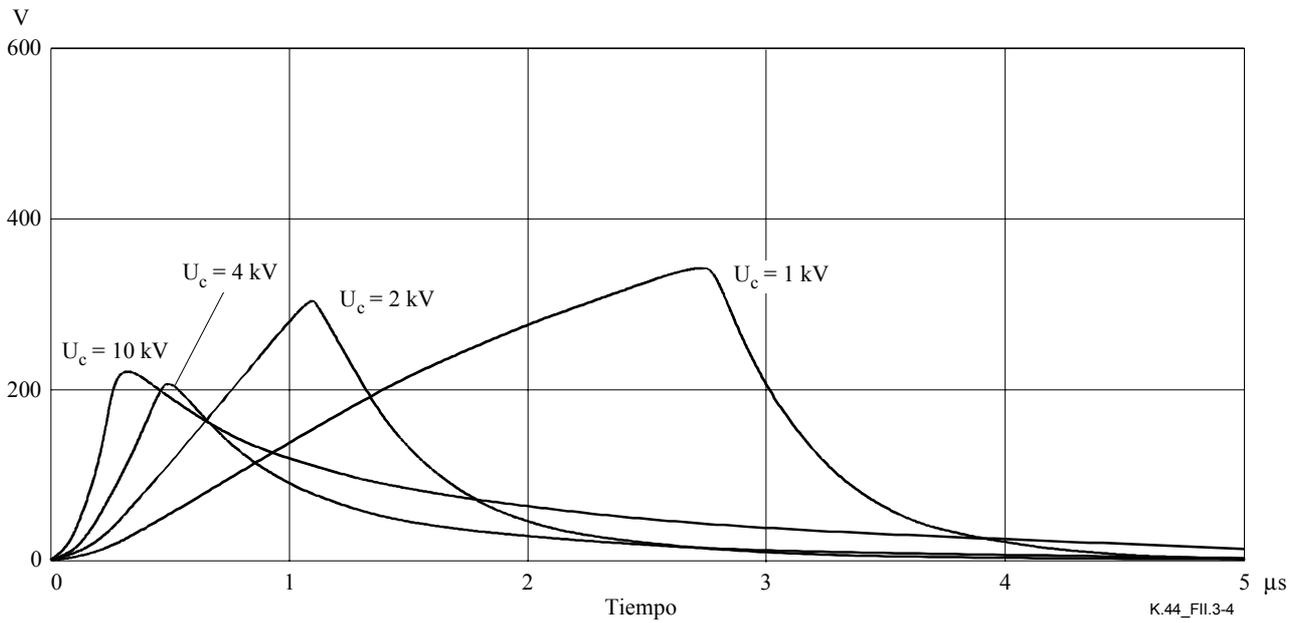
**Figura II.3-1/K.44 – Modelo para calcular  $dU/dt$  de  $U_{si}$**



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



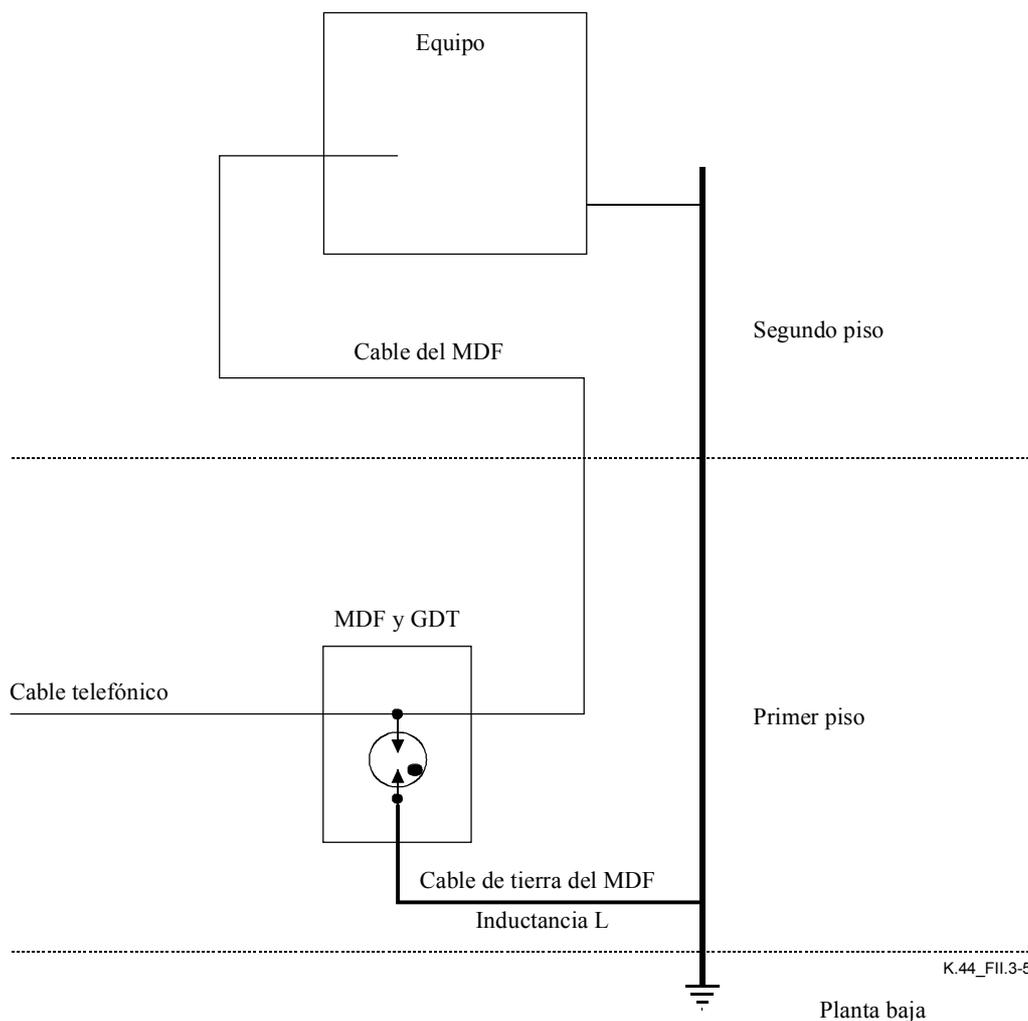
**Figura II.3-3/K.44 – El cable del MDF es de 1 m**



**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

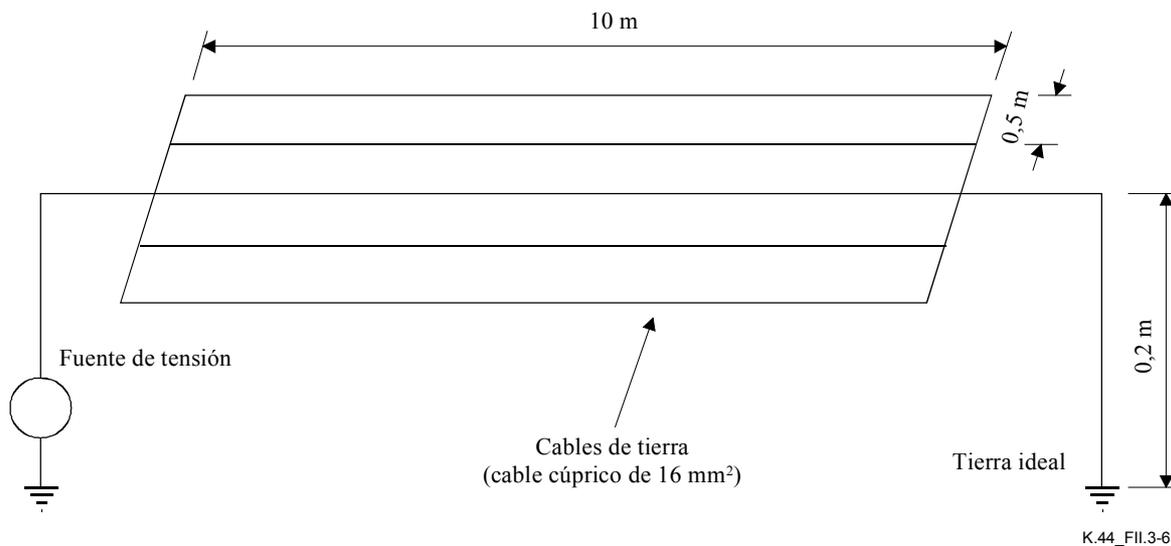
La inductancia del cable del MDF entre el protector primario y el EUT tiene un buen efecto para las grandes descargas  $dU/dt$ , pero la inductancia del cable de tierra del MDF tiene el efecto opuesto. Esto es **especialmente** cierto cuando se considera que la corriente procedente de todos los GDT que 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 múltiples cables conectados por separado, la inductancia se reducirá en un factor de aproximadamente  $1/N$  donde  $N$  es el número de cables. 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 $\mu\text{H}$
2	6,16 $\mu\text{H}$
3	4,39 $\mu\text{H}$
5	3,05 $\mu\text{H}$

### 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  $\mu$ 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 la Rec. UIT-T 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 apantallados 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).

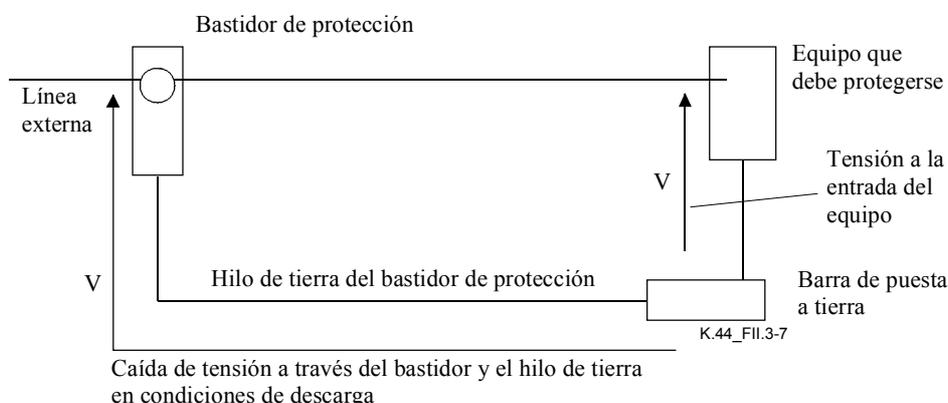
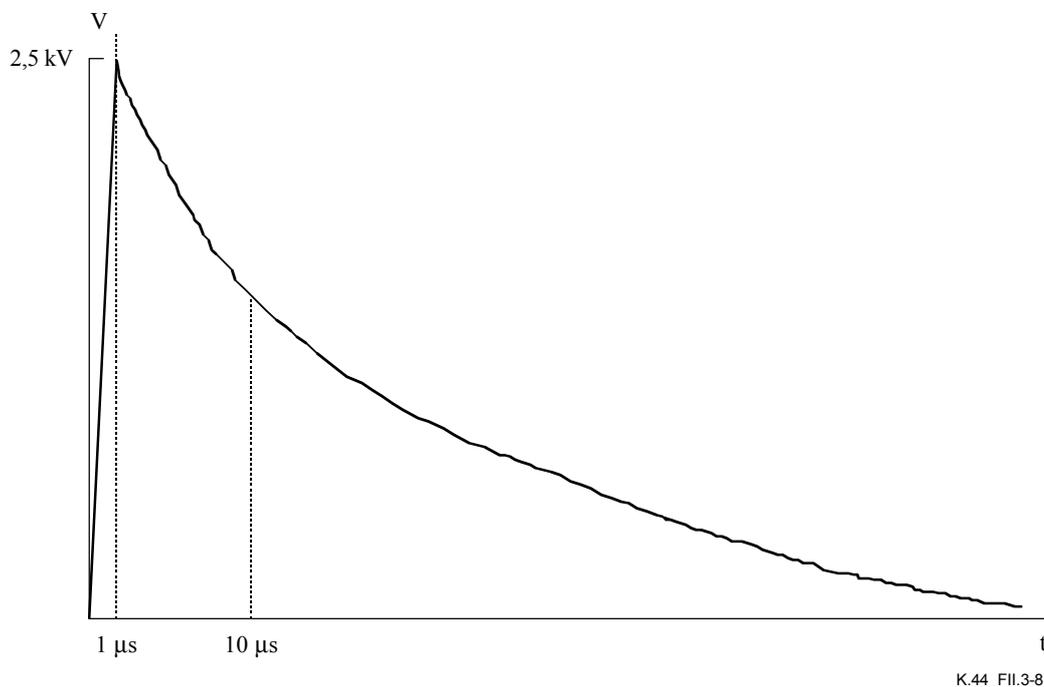


Figura II.3-7/K.44 – Caída de tensión a través de los hilos de tierra

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.



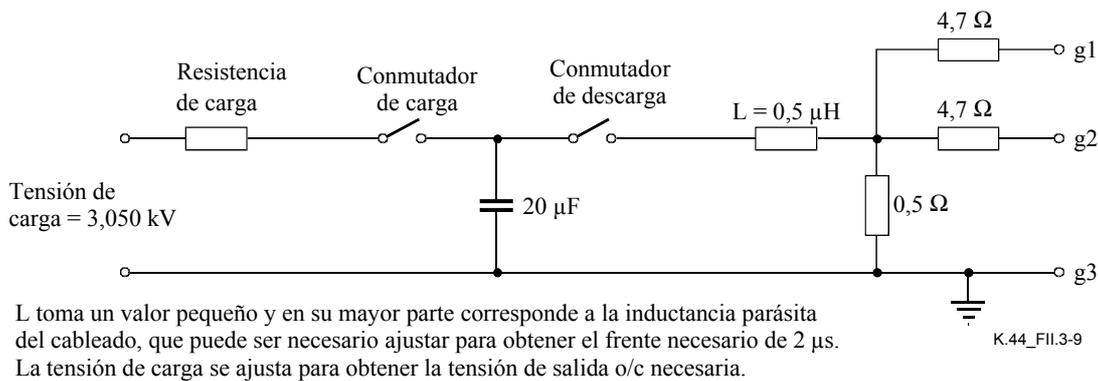
**Figura II.3-8/K.44 – Caída de tensión con respecto a tierra**

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	$U_{c(máx)}$
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 un recinto 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	Número 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.

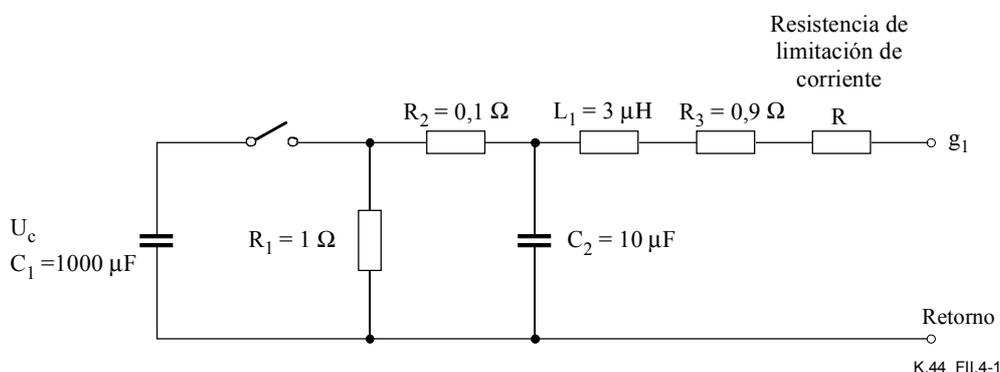
#### II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal

Cuando cae un rayo sobre un edificio o un recinto 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. Estudios realizados en Alemania han mostrado que la forma de onda de la corriente generada cuando el rayo cae directamente puede tener un valor mitad de hasta 350 µs. En el manual sobre disminución de los efectos de las descargas de los rayos titulado "Malfunction of circuit breaker due to lightning" hay un ejemplo que muestra que las descargas sobre la línea de alimentación de energía principal pueden tener colas largas. Las pruebas realizadas en alimentaciones de energía en modo conmutación han mostrado que una cola de 350 µs puede causar daños, a diferencia de una cola de 20 µs. No existe documentación relativa a este tipo de daños. 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, que debe ser objeto de más estudios. 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 cae directamente en el edificio o el recinto**

1.x.a	Coordinación entre el puerto de alimentación de energía y la incidencia directa del rayo L-N	Figuras II.4-1 y A.5.4-2/K.44	$I_{(m\acute{a}x)} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \ \Omega$	5 de cada polaridad	Protector primario acordado (red de energía principal)	A Obsérvese que debe funcionar un protector de conmutación a $I_{(m\acute{a}x)}$
1.x.b	Coordinación entre el puerto de alimentación de energía y la incidencia directa del rayo L+N-E	Figuras II.4-1 y A.5.4-1/K.44	$I_{(m\acute{a}x (L+N))} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \ \Omega$	5 de cada polaridad	Protector primario acordado (red de energía principal)	A Obsérvese que debe funcionar un protector de conmutación a $I_{(m\acute{a}x)}$



NOTA – Es posible que se tenga que ajustar  $L_1$  para obtener el tiempo de elevación correcto.

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

## II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro

### II.5.1 Antecedentes

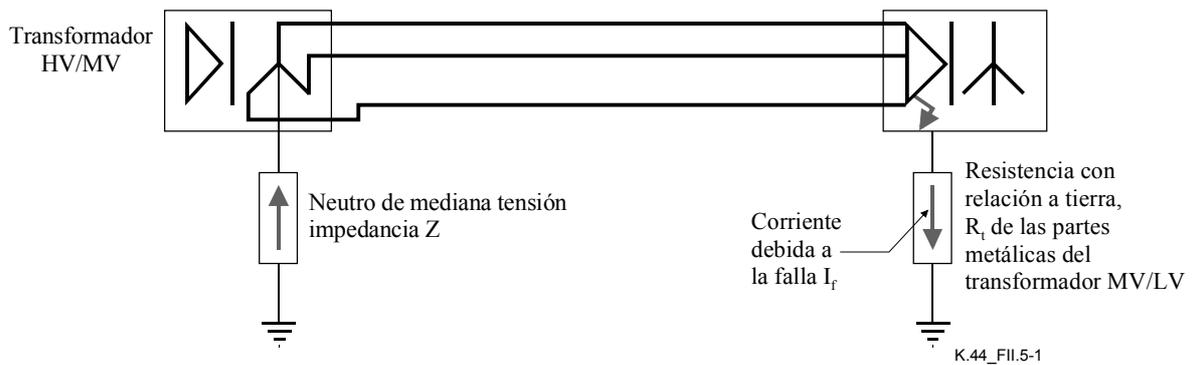
Dependiendo del diseño de la red pública de distribución de baja tensión, pueden producirse en la planta de energía de baja tensión algunos riesgos tales como la elevación del potencial del neutro y la transferencia de la descarga del rayo.

### 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 (EPR, *earth potential rise*) 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 al fallo**

La corriente debida al fallo,  $I_f$ , 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  $EPR = R_t \cdot I_f$ . (Obsérvese que LV = baja tensión (*low voltage*)).

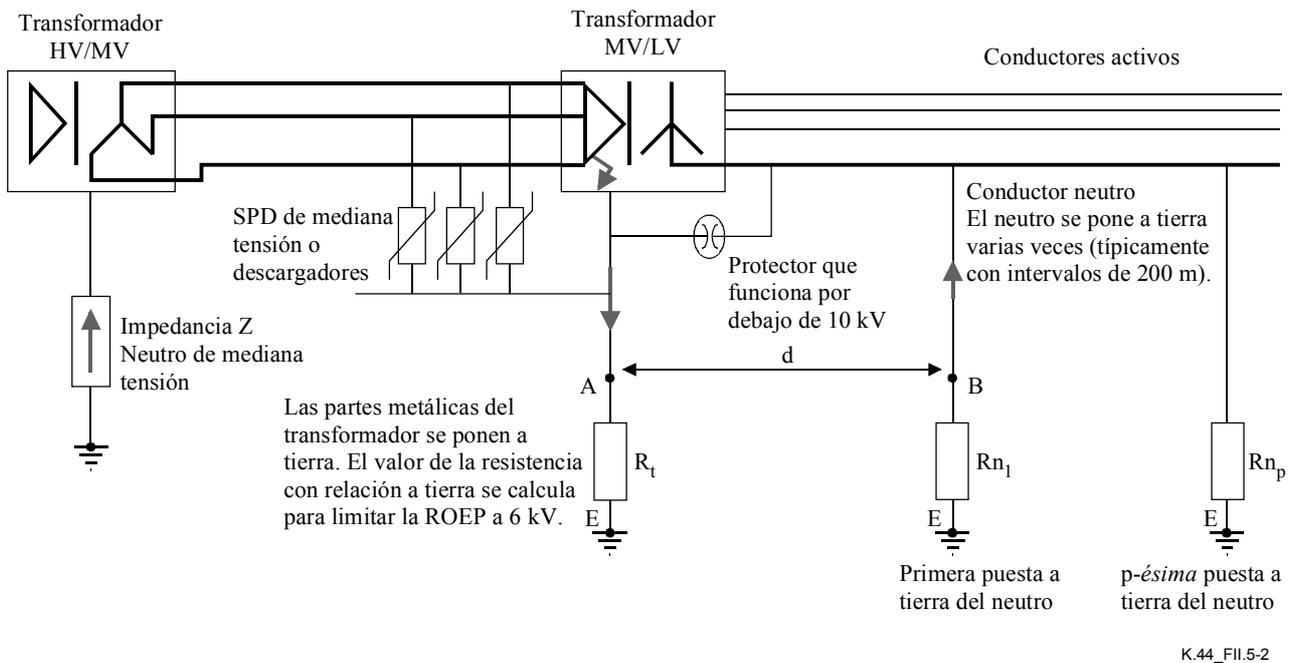
En Francia este valor EPR está limitado a 6 kV.

## II.5.2.2 Elevación del potencial del neutro

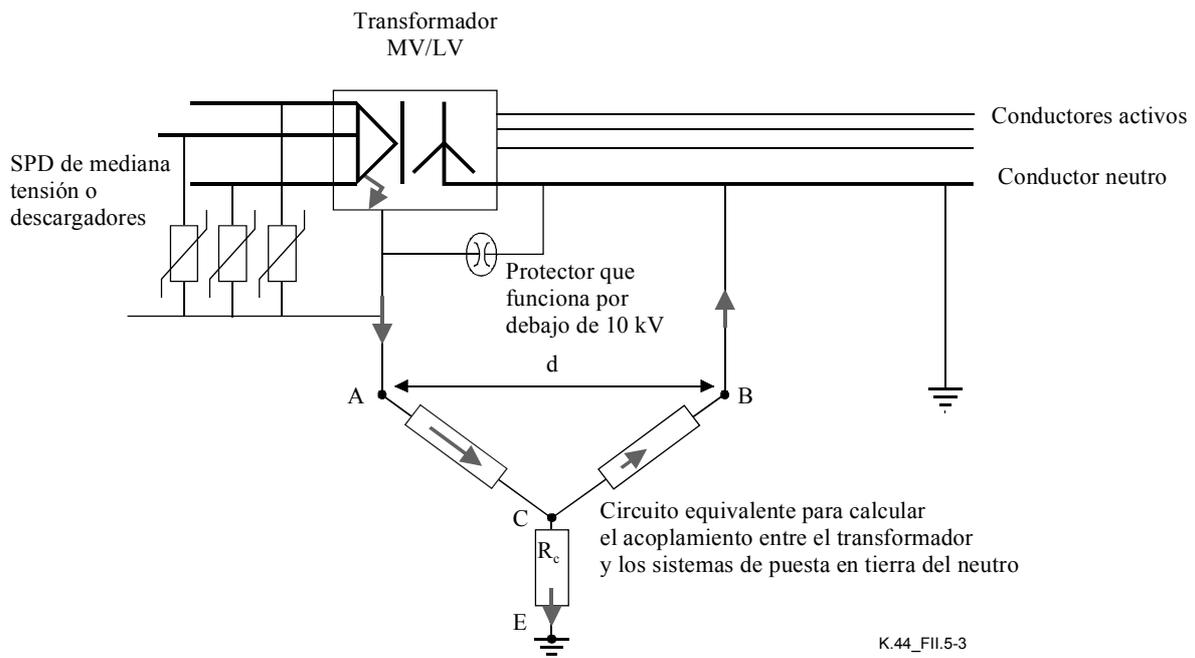
### II.5.2.2.1 Acoplamiento entre el transformador y sistemas de puesta a tierra del neutro

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**



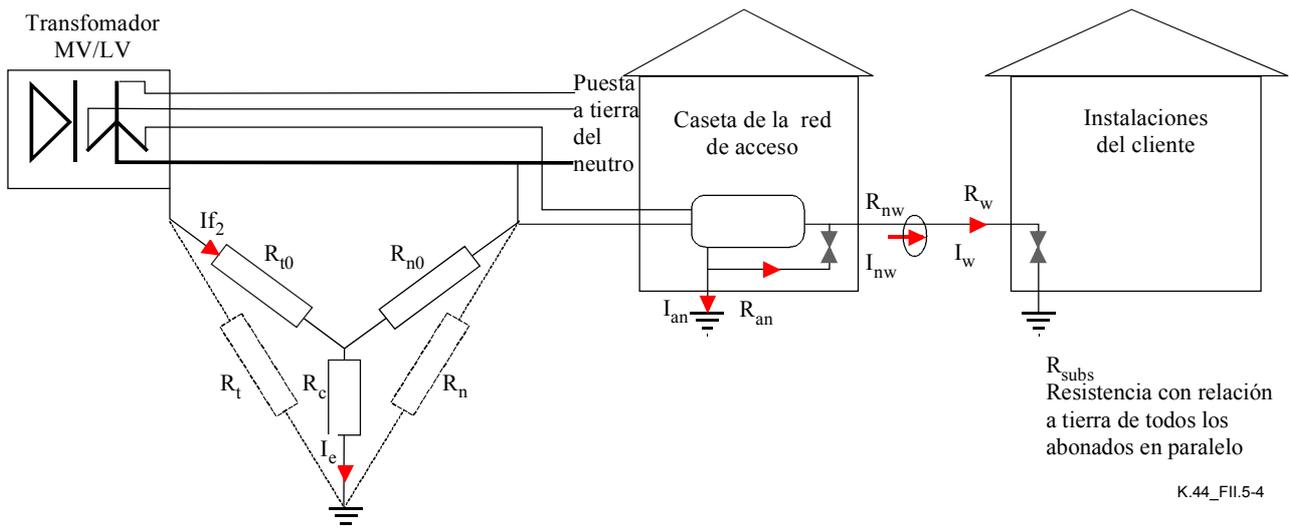
**Figura II.5-3/K.44 – Limitación de la EPR mediante el diseño de puesta a tierra**

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 circular 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  $\Omega$ ;
- la resistencia con relación a tierra de la caseta de la red de acceso es 50  $\Omega$ ;
- 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.

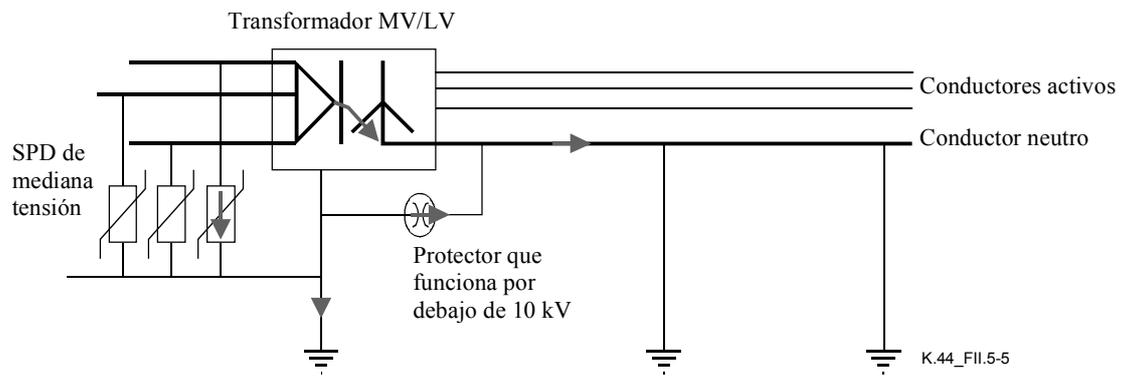
Obsérvese que el cálculo se basa en el mismo principio cuando en la figura II.5-4 se sustituye la instalación del cliente por un centro de telecomunicación o el gabinete de red de acceso por la instalación del cliente.

#### 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 puede ocurrir principalmente si:

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

Véase la figura II.5-5.



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

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





## 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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
<b>Serie K</b>	<b>Protección contra las interferencias</b>
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