

Diciembre 2007

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida

Ensayos de inmunidad a las ondas de choque

(IEC 61000-4-5:2005)

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-5: Testing and measurement techniques. Surge immunity test. (IEC 61000-4-5:2005).

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure. Essai d'immunité aux ondes de choc. (CEI 61000-4-5:2005).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-5:2006, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 61000-4-5:2005.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 61000-4-5:1997 y UNE-EN 61000-4-5/A1:2001 antes de 2009-10-01.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 208 *Compatibilidad Electromagnética* cuya Secretaría desempeña UNESA.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 54660:2007

© AENOR 2007
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

51 Páginas

Grupo 31

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida
Ensayos de inmunidad a las ondas de choque
(IEC 61000-4-5:2005)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4-5: Testing and measurement
techniques. Surge immunity test.
(IEC 61000-4-5:2005).

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4-5: Techniques d'essai et de
mesure. Essai d'immunité aux ondes de
choc.
(CEI 61000-4-5:2005).

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV).
Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren.
Prüfung der Störfestigkeit gegen
Stoßspannungen.
(IEC 61000-4-5:2005).

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2006-10-01. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CENELEC en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CENELEC son los comités electrotécnicos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CENELEC
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 35 B-1050 Bruxelles

PRÓLOGO

El texto del documento 77B/467/FDIS, futura edición 2 de la Norma Internacional IEC 61000-4-5, preparado por el Subcomité SC 77B, *Fenómenos de alta frecuencia*, del Comité Técnico TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de IEC, fue sometido a voto paralelo IEC-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-5 el 2006-10-01.

Esta norma sustituye a la Norma Europea EN 61000-4-5:1995 y a su Modificación A1:2001.

En particular los capítulos dedicados a las redes de acoplamiento/desacoplamiento y a los montajes de ensayos están más detallados.

Se fijaron las siguientes fechas:

- | | | |
|---|-------|------------|
| – Fecha límite en la que la norma europea debe adoptarse a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación | (dop) | 2007-07-01 |
| – Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con esta norma | (dow) | 2009-10-01 |

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional IEC 61000-4-5:2005 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

En la versión oficial, para la bibliografía, debe añadirse la siguiente nota para la norma indicada*:

IEC 60664 NOTA Armonizada como serie de Normas EN 60664 (sin ninguna modificación).

IEC 61643 NOTA Armonizada como serie de Normas EN 61643 (sin ninguna modificación).

* Introducida en la norma indicándose con una línea vertical en el margen izquierdo del texto.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN	10
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	11
2 NORMAS PARA CONSULTA	11
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	12
4 GENERALIDADES	14
4.1 Transitorios de maniobra en las redes eléctricas	14
4.2 Transitorios debidos al rayo	15
4.3 Simulación de transitorios.....	15
5 NIVELES DE ENSAYO	15
6 INSTRUMENTACIÓN DE ENSAYO	16
6.1 Generador de ondas combinadas 1,2 /50 μ s.....	16
6.2 Generador de ondas combinadas 10/700 μ s.....	19
6.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento	2
7 MONTAJE DE ENSAYO	34
7.1 Equipo de ensayo.....	35
7.2 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre la alimentación del ESE	35
7.3 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas	35
7.4 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión de telecomunicación simétricas y no apantalladas	36
7.5 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de comunicación de gran velocidad	36
7.6 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas apantalladas.....	36
7.7 Montaje de ensayo para la aplicación de diferencias de potencial.....	39
7.8 Modo de funcionamiento del ESE.....	39
8 MÉTODO DE ENSAYO	39
8.1 Condiciones de referencia en laboratorio	39
8.2 Aplicación de la onda de choque en laboratorio	39
9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	41
10 INFORME DE ENSAYO	41
ANEXO A (Informativo) SELECCIÓN DE GENERADORES Y DE NIVELES DE ENSAYO	42
ANEXO B (Informativo) NOTAS EXPLICATIVAS	44
ANEXO C (Informativo) CONSIDERACIONES PARA OBTENER LA INMUNIDAD PARA LOS EQUIPOS CONECTADOS A LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE BAJA TENSIÓN	48
BIBLIOGRAFÍA	50

Figura 1	Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas (1,2/50 μs – 8/20 μs)	16
Figura 2	Forma de onda de tensión de circuito abierto (1,2/50 μs) a la salida del generador sin RCD (red de acoplamiento/desacoplamiento) conectada (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)	18
Figura 3	Forma de onda de corriente de cortocircuito (8/20 μs) a la salida del generador sin RCD conectada (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)	19
Figura 4	Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas (10/700 μs – 5/320 μs) de acuerdo con las normas de la serie K de la UIT	20
Figura 5	Forma de onda de la tensión a circuito abierto (10/700 μs) (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)	21
Figura 6	Forma de onda de corriente de cortocircuito 5/320 μs (definición según la Norma IEC 60060-1)	21
Figura 7	Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-línea (de acuerdo con el apartado 7.2)	23
Figura 8	Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.2).....	23
Figura 9	Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y la fase L1 (de acuerdo con el apartado 7.2)	24
Figura 10	Ejemplo del montaje de ensayo de acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a. (trifásicas); acoplamiento entre la fase L3 y la tierra (de acuerdo con el apartado 7.2)	25
Figura 11	Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por condensadores	26
Figura 12	Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por descargadores	27
Figura 13	Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamiento línea-línea o entre línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por circuito de fijación auxiliar	28
Figura 14	Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión simétricas y no apantalladas (líneas de comunicaciones); acoplamiento entre línea y tierra (de acuerdo con el apartado 7.4), acoplamiento por descargadores	29
Figura 15	Ejemplo de red de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de comunicaciones simétricas de gran velocidad utilizando la onda de choque 1,2/50 μs	30
Figura 16	Ejemplo de montaje de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas (de acuerdo con el apartado 7.6) y para aplicar las diferencias de potencial (de acuerdo con el apartado 7.7)	37
Figura 17	Ejemplo de montaje de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas puestas a tierra en un solo extremo (de acuerdo con el apartado 7.6) y para aplicar las diferencias de potencial (de acuerdo con el apartado 7.7)	37
Figura 18	Montaje de acoplamiento e instalación de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas y para aplicar las diferencias de potencial, especialmente en las configuraciones con cableado por cables apantallados múltiples	38

Tabla 1	Niveles de ensayo	15
Tabla 2	Definiciones de los parámetros de las formas de ondas 1,2/50 μs – 8/20 μs	17
Tabla 3	Relaciones entre tensión de cresta de circuito abierto y corriente de cresta de cortocircuito.....	18
Tabla 4	Definiciones de los parámetros de las formas de ondas 10/700 μs – 5/320 μs	22
Tabla 5	Relaciones entre tensión de cresta en circuito abierto y corriente de cresta de cortocircuito.....	22
Tabla 6	Especificación de la forma de onda de la tensión en la puerta del ESE de la red de acoplamiento/desacoplamiento.....	32
Tabla 7	Especificación de la forma de onda de la corriente en la puerta del ESE de la red de acoplamiento/desacoplamiento.....	32
Tabla A.1	Selección de los niveles de ensayo (dependiendo de las condiciones de la instalación)	43

COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL

Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida Ensayos de inmunidad a las ondas de choque

PRÓLOGO

- 1) IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es una organización mundial para la normalización, que comprende todos los comités electrotécnicos nacionales (Comités Nacionales de IEC). El objetivo de IEC es promover la cooperación internacional sobre todas las cuestiones relativas a la normalización en los campos eléctrico y electrónico. Para este fin y también para otras actividades, IEC publica Normas Internacionales, Especificaciones Técnicas, Informes Técnicos, Especificaciones Disponibles al Público (PAS) y Guías (de aquí en adelante "Publicaciones IEC"). Su elaboración se confía a los comités técnicos; cualquier Comité Nacional de IEC que esté interesado en el tema objeto de la norma puede participar en su elaboración. Organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con IEC también participan en la elaboración. IEC colabora estrechamente con la Organización Internacional de Normalización (ISO), de acuerdo con las condiciones determinadas por acuerdo entre ambas.
- 2) Las decisiones formales o acuerdos de IEC sobre materias técnicas, expresan en la medida de lo posible, un consenso internacional de opinión sobre los temas relativos a cada comité técnico en los que existe representación de todos los Comités Nacionales interesados.
- 3) Los documentos producidos tienen la forma de recomendaciones para uso internacional y se aceptan en este sentido por los Comités Nacionales mientras se hacen todos los esfuerzos razonables para asegurar que el contenido técnico de las publicaciones IEC es preciso, IEC no puede ser responsable de la manera en que se usan o de cualquier mal interpretación por parte del usuario.
- 4) Con el fin de promover la unificación internacional, los Comités Nacionales de IEC se comprometen a aplicar de forma transparente las Publicaciones IEC, en la medida de lo posible en sus publicaciones nacionales y regionales. Cualquier divergencia entre la Publicación IEC y la correspondiente publicación nacional o regional debe indicarse de forma clara en esta última.
- 5) IEC no establece ningún procedimiento de marcado para indicar su aprobación y no se le puede hacer responsable de cualquier equipo declarado conforme con una de sus publicaciones.
- 6) Todos los usuarios deberían asegurarse de que tienen la última edición de esta publicación.
- 7) No se debe adjudicar responsabilidad a IEC o sus directores, empleados, auxiliares o agentes, incluyendo expertos individuales y miembros de sus comités técnicos y comités nacionales de IEC por cualquier daño personal, daño a la propiedad u otro daño de cualquier naturaleza, directo o indirecto, o por costes (incluyendo costes legales) y gastos derivados de la publicación, uso o confianza de esta publicación IEC o cualquier otra publicación IEC.
- 8) Se debe prestar atención a las normas para consulta citadas en esta publicación. La utilización de las publicaciones referenciadas es indispensable para la correcta aplicación de esta publicación.
- 9) Se debe prestar atención a la posibilidad de que algunos de los elementos de esta Publicación IEC puedan ser objeto de derechos de patente. No se podrá hacer responsable a IEC de identificar alguno o todos esos derechos de patente.

La Norma Internacional IEC 61000-4-5 ha sido elaborada por el subcomité 77B: Fenómenos de alta frecuencia, del comité técnico 77 de IEC: Compatibilidad electromagnética.

Es la Parte 4-5 de la Norma IEC 61000. Tiene la categoría de norma básica de CEM de acuerdo con la Guía 107 de IEC, Compatibilidad electromagnética. Guía para la redacción de publicaciones de compatibilidad electromagnética.

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición publicada en 1995 y a la modificación 1 (2000) y constituye una revisión técnica. En particular los capítulos dedicados a las redes de acoplamiento/desacoplamiento y a los montajes de ensayos están más detallados.

El texto de esta norma se basa en los documentos siguientes:

FDIS	Informe de voto
77B/467/FDIS	77B/486/RVD

El informe de voto indicado en la tabla anterior ofrece toda la información sobre la votación para la aprobación de esta norma.

Esta norma ha sido elaborada de acuerdo con las Directivas ISO/IEC, Parte 2.

El comité ha decidido que el contenido de esta norma (la norma base y de sus modificaciones) permanezca vigente hasta la fecha de mantenimiento indicada en la página web de IEC "<http://webstore.iec.ch>" en los datos relativos a la norma específica. En esa fecha, la norma será

- confirmada;
- anulada;
- reemplazada por una edición revisada; o
- modificada.

INTRODUCCIÓN

La Norma IEC 61000 se publica en partes separadas de acuerdo con la siguiente estructura:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)

Definiciones, terminología

Parte 2: Entorno

Descripción del entorno

Clasificación del entorno

Niveles de compatibilidad

Parte 3: Límites

Límites de emisión

Límites de inmunidad (en la medida en que no están bajo la responsabilidad de los comités de producto)

Parte 4: Técnicas de ensayo y medida

Técnicas de medida

Técnicas de ensayo

Parte 5: Guías de instalación y de atenuación

Guías de instalación

Métodos y dispositivos de atenuación

Parte 6: Normas genéricas

Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez subdividida en varias partes que serán publicadas, bien como normas internacionales, bien como especificaciones técnicas o informes técnicos, algunas de las cuales han sido ya publicadas como secciones. Otras serán publicadas con el número de la parte seguido de un guión y de un segundo número identificando la subdivisión (ejemplo: 61000-6-1).

Esta parte es una norma internacional que proporciona los requisitos de inmunidad y métodos de ensayo relacionados con corrientes y tensiones de choque.

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida
Ensayos de inmunidad a las ondas de choque

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma IEC 61000 se refiere a requisitos de inmunidad, métodos de ensayo, y rango de los niveles de ensayo recomendados para los equipos frente a ondas de choque unidireccionales causadas por sobretensiones transitorias de tipo rayo (atmosféricas) y de tipo maniobra. Se definen varios niveles de ensayo relativos a distintos entornos y condiciones de instalación. Estos requisitos se han desarrollado para equipos eléctricos y electrónicos y son aplicables a equipos eléctricos y electrónicos.

El objeto de esta norma es establecer una referencia común para evaluar la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos, cuando se les somete a ondas de choque. El método de ensayo documentado en esta parte de la Norma IEC 61000 describe un método lógico para evaluar la inmunidad de un equipo o de un sistema frente a un fenómeno dado.

NOTA Como se describe en la Guía 107 de la IEC, ésta es una publicación básica de CEM para la utilización por los comités de productos de la IEC. Como se indica también en la Guía 107, los comités de productos de la IEC son responsables de determinar si es conveniente o no aplicar esta norma de ensayo de inmunidad y, en este caso, son responsables de determinar los niveles de ensayo y los criterios de funcionamiento adecuados. El comité técnico 77 y sus subcomités están listos para cooperar con los comités de productos para la evaluación del valor de los ensayos de inmunidad especiales para sus productos.

Esta norma define:

- rango de niveles de ensayo;
- equipos de ensayo;
- montaje de ensayo;
- método de ensayo.

La misión de los ensayos de laboratorio descritos es averiguar la reacción del ESE, sometido a condiciones de trabajo especificadas, causada por sobretensiones de maniobra y atmosféricas en ciertos niveles peligrosos.

El ensayo no está destinado a evaluar la capacidad del aislamiento del ESE de soportar tensiones elevadas. Las inyecciones directas de corrientes de rayo, por ejemplo los impactos directos de rayos, no se consideran en esta norma.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60050-161 *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

IEC 60060-1 *Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.*

IEC 60469-1 *Técnicas y aparatos de pulsos. Parte 1: Términos y definiciones de pulso.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones junto con los de la Norma IEC 60050-161.

3.1 dispositivo de avalancha:

Diodo de silicio, descargadores de gas, u otro componente que está diseñado para romper y conducir a una tensión especificada.

3.2 calibración:

Conjunto de operaciones que establecen, en referencia a unos patrones, la relación que existe, en las condiciones especificadas, entre una indicación y un resultado de medida.

[VEI 311-01-09]

NOTA 1 Este término se basa en la argumentación de la "incertidumbre".

NOTA 2 La relación entre las indicaciones y los resultados de medidas se puede dar, en principio, en un diagrama de calibración.

3.3 dispositivo de sujeción:

Diodo de silicio, varistancia u otro componente que se concibe para impedir que la tensión aplicada exceda un cierto valor.

3.4 generador de ondas combinadas:

Generador con una forma de onda de tensión en circuito abierto de tipo 1,2/50 μs o 10/700 μs , y una forma de onda de corriente de cortocircuito de tipo 8/20 μs o 5/320 μs .

3.5 red de acoplamiento:

Circuito eléctrico destinado a transferir la energía de un circuito a otro.

3.6 red de desacoplamiento:

Circuito eléctrico con el propósito de prevenir que las ondas de choque aplicadas al ESE afecten a otros dispositivos, equipos o sistemas que no estén sometidos a ensayo.

3.7 duración:

Valor absoluto del intervalo de tiempo durante el cual se produce o se mantiene un elemento particular o una forma de onda especificadas.

[IEC 60469-1]

3.8 impedancia efectiva de salida (de un generador de onda de choque):

Relación entre la tensión de cresta en circuito abierto con la corriente de cresta de cortocircuito.

3.9 instalación eléctrica:

Conjunto de equipos eléctricos asociados que tienen características coordinadas para una aplicación dada.

[VEI 826-10-01]

3.10 ESE:

Equipo sometido a ensayo.

3.11 duración del frente tensión de choque:

La duración del frente T_f de una tensión de choque es un parámetro convencional definido como 1,67 veces el intervalo de tiempo T comprendido entre los instantes en que la tensión alcanza el 30% y el 90% del valor de cresta (véanse las figuras 2 y 5).

corriente de choque:

La duración del frente T_f de una corriente de choque es un parámetro convencional definido como 1,25 veces el intervalo de tiempo T comprendido entre los instantes en que la corriente alcanza 10% y 90% del valor de cresta (véanse las figuras 3 y 6).

[IEC 60060-1, 24.3 modificado]

3.12 tierra de referencia:

Parte de la Tierra considerada como conductora cuyo potencial eléctrico se toma, por convención, igual a cero, estando fuera de la zona de influencia de cualquier instalación de puesta a tierra.

[VEI 195-01-01]

3.13 líneas de comunicación rápidas:

Líneas de entradas/salidas que funcionan a frecuencias de transmisión superiores a 100 kHz.

3.14 inmunidad:

Aptitud de un dispositivo, de un equipo o sistema para funcionar sin deterioro en presencia de perturbaciones electromagnéticas.

[VEI 161-01-20]

3.15 líneas de interconexión:

Líneas de E/S (líneas de entradas/salidas) y líneas de comunicaciones.

3.16 protección primaria:

El medio por el cual se previene la propagación de la mayor parte de la energía de la perturbación más allá de una interconexión determinada.

3.17 tiempo de subida:

El intervalo de tiempo entre los momentos en los que el valor instantáneo del impulso alcanza por primera vez el valor inferior determinado y el valor superior determinado.

[VEI 161-02-05]

NOTA A menos que se indique lo contrario, dichos límites inferior y superior son, respectivamente, de un 10% y de un 90% de la magnitud del impulso.

3.18 protección secundaria:

El medio por el cual la energía residual que ha atravesado la protección primaria es eliminada. Puede ser un dispositivo especial o una característica inherente al ESE.

3.19 onda de choque:

Una onda transitoria de corriente, tensión, o potencia que se propaga a lo largo de una línea o en un circuito, la cual se caracteriza por un rápido incremento seguido de un decrecimiento más lento.

[VEI 161-08-11 modificado]

3.20 líneas simétricas:

Par de conductores pilotados simétricamente y con una pérdida de conversión de modo diferencial a modo común superior a 20 dB.

3.21 sistema:

Conjunto de elementos interdependientes constituido para alcanzar un objetivo dado mediante el desarrollo de una función específica.

[VEI 351-01-01, modificado]

NOTA El sistema se considera separado del entorno y de otros sistemas externos mediante una superficie imaginaria la cual corta las uniones entre ellos y el sistema considerado. A través de dichas uniones, el entorno afecta al sistema, los sistemas externos actúan sobre el sistema o actúa por sí mismo sobre el entorno o los sistemas externos.

3.22 tiempo transcurrido hasta el valor mitad, T_2 :

El intervalo de tiempo entre el origen virtual O_1 y el instante en el cual la tensión o la corriente ha decrecido hasta la mitad del valor de cresta.

[IEC 60060-1, 18.1.6 modificado]

NOTA La duración hasta el valor mitad T_2 de una onda de choque es un parámetro virtual.

3.23 transitorio:

Se dice de un fenómeno o una magnitud que varía entre dos regímenes estables consecutivos durante un intervalo de tiempo relativamente corto con respecto a la escala de tiempos considerada.

[VEI 161-02-01]

3.24 verificación:

Conjunto de operaciones utilizadas para verificar el sistema de ensayo (por ejemplo el generador de ensayo y los cables de interconexión) y para demostrar que el sistema de ensayo funciona con las especificaciones dadas en el capítulo 6.

NOTA 1 Los métodos utilizados para la verificación pueden ser diferentes de los utilizados para la calibración.

NOTA 2 El método de los apartados 6.1.2 y 6.2.2 tiene la finalidad de asegurar el funcionamiento correcto del generador de ensayo y de los demás dispositivos que constituyen la instalación de ensayo, de tal manera que se proporcione la forma de onda prevista al ESE.

NOTA 3 Para los propósitos de esta norma básica de CEM, esta definición es diferente de la dada en el VEI 311-01-13.

3.23 origen virtual O_1 :

Para la forma de onda de choque de tensión, es el instante en el que una línea recta trazada entre los valores de amplitud del 30% y 90%, corta el eje de los tiempos. Para la forma de onda de choque de corriente, es el instante en el que una línea recta trazada entre los valores de amplitud del 10% y 90%, corta el eje de los tiempos.

4 GENERALIDADES**4.1 Transitorios de maniobra en las redes eléctricas**

Los transitorios de maniobra en las redes pueden clasificarse en transitorios asociados con:

- a) perturbaciones debidas a la maniobra de sistemas de gran potencia, tales como las debidas a la maniobra de baterías de condensadores;
- b) actividades de maniobra de menor importancia o de cambios de carga practicados en la red de distribución;
- c) circuitos resonantes asociados con dispositivos de conmutación, tales como los tiristores;
- d) diferentes faltas de la red, tales como cortocircuitos y los cebados de arco hacia los dispositivos de puesta a tierra de la instalación.

4.2 Transitorios debidos al rayo

Los mecanismos principales por los cuales los rayos producen sobretensiones son los siguientes:

- a) Un impacto directo de un rayo sobre una línea al aire libre inyecta corrientes elevadas que se transforman en tensión bien por su paso a través de la resistencia de puesta a tierra o bien por su paso a través de la impedancia presentada por la línea exterior.
- b) Un impacto indirecto de un rayo (por ejemplo un descarga atmosférica entre o dentro de nubes o sobre objetos cercanos), lo cual produce campos electromagnéticos que inducen tensiones o corrientes en los conductores exteriores y/o interiores del edificio.
- c) Circulación de corrientes por tierra debidas a una descarga atmosférica próxima directamente a tierra, la cual se acopla a través del sistema de puesta a tierra de la instalación.

El cambio rápido de tensión y flujo de corriente que pueden ocurrir cuando se excita una protección contra rayos es susceptible de producir perturbaciones electromagnéticas sobre las líneas interiores.

4.3 Simulación de transitorios

Las características del generador de ensayo deben ser tales que simulen los fenómenos arriba mencionados tan fielmente como sea posible.

Si la fuente de perturbación se encuentra en el mismo circuito, por ejemplo en la red de alimentación (acoplamiento directo), el generador puede simular una fuente de baja impedancia en las puertas del equipo sometido a ensayo.

Si la fuente de perturbación no está en el mismo circuito (acoplamiento indirecto), que el equipo víctima, entonces el generador puede simular una fuente de impedancia más elevada.

5 NIVELES DE ENSAYO

El rango preferente de niveles de ensayo se da en la tabla 1.

Tabla 1 – Niveles de ensayo

Nivel	Tensión de ensayo a circuito abierto $\pm 10\%$ kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
X	Especial
NOTA X puede ser cualquier nivel, por encima, por debajo o entre los otros niveles. Este nivel puede especificarse en la norma del producto.	

Los niveles de ensayo se deben seleccionar de acuerdo a las condiciones de la instalación; las clases de instalación se dan en el capítulo B.3.

Deben satisfacerse todas las tensiones de los niveles de ensayo inferiores (véase el apartado 8.2).

Para la selección de los niveles de ensayo para las diferentes interconexiones, véase el anexo A.

6 INSTRUMENTACIÓN DE ENSAYO

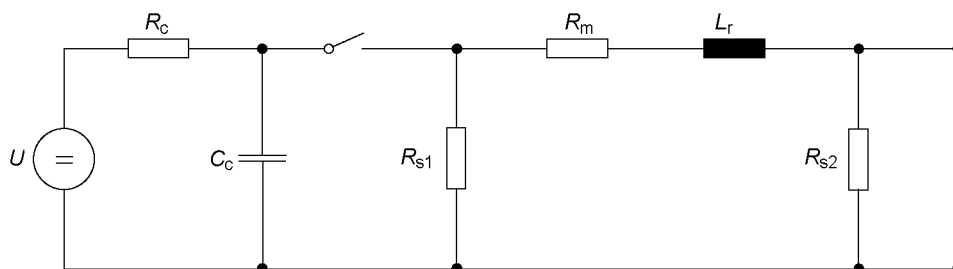
Se especifican dos tipos de generadores de ondas combinadas. Cada uno tiene sus aplicaciones particulares propias, que dependen del tipo de puerta a ensayar (véase el capítulo 7). El generador de ondas combinadas 10/700 μs se utiliza para ensayar las puertas previstas para ser conectados a las líneas de comunicaciones simétricas. El generador de ondas combinadas 1,2/50 μs se utiliza en los demás casos y en particular, para ensayar las puertas previstas para líneas de potencia y para conexiones de señales cortas.

6.1 Generador de ondas combinadas 1,2/50 μs

Está previsto por esta norma que las formas de onda de salida cumplan con las especificaciones en el punto en que se aplican al ESE. Las formas de onda se especifican como tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito y por consiguiente, se miden sin que el ESE esté conectado. En el caso de un producto alimentado en alterna o continua y en que la onda de choque se aplica en las líneas de alimentación alterna o continua, la salida debe ser como se especifica en las tablas 6 y 7. En el caso en que la onda de choque se aplique directamente desde de los bornes de salida del generador, las formas de ondas deben ser como se especifica en la tabla 2. No está previsto que las formas de ondas cumplan con las especificaciones tanto a la salida del generador como a la salida de las redes de acoplamiento/desacoplamiento de manera simultánea sino sólo tal y como se aplican al ESE. Las especificaciones de las formas de onda se tienen que respetar sin un ESE conectado.

Este generador está previsto para generar una onda de choque que tenga: una duración de frente de la tensión en circuito abierto de 1,2 μs ; una duración hasta el valor medio de la tensión en circuito abierto de 50 μs ; una duración del frente de corriente de la corriente de cortocircuito de 8 μs ; y una duración hasta el valor medio de la corriente de cortocircuito de 20 μs .

El esquema simplificado del circuito del generador se da en la figura 1. Los valores para los distintos componentes R_{s1} , R_{s2} , R_m , L_r y C_c se eligen de modo que el generador inyecte una onda de choque de tensión 1,2/50 μs (en condiciones de circuito abierto) y una onda de choque de corriente 8/20 μs en cortocircuito.



- U Fuente de alta tensión
- R_c Resistencia de carga
- C_c Condensador de almacenamiento de energía
- R_s Resistencias que determinan la duración del impulso
- R_m Resistencia de adaptación de impedancia
- L_r Inductancia que determina el tiempo de subida

Figura 1 – Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas (1,2/50 μs – 8/20 μs)

Por comodidad, se puede considerar la impedancia efectiva de salida para un generador de ondas de choque como el cociente entre la tensión de cresta a la salida en circuito abierto y la corriente de cresta de cortocircuito. Para este generador, el cociente define una impedancia de salida efectiva de 2Ω .

NOTA Las formas de onda de la tensión y de la corriente son función de la impedancia de entrada del ESE. Esta impedancia puede variar en el momento de aplicar las ondas de choque al equipo siendo debida esta variación bien al funcionamiento apropiado de los dispositivos de protección instalados, bien al cebado del arco eléctrico o a la rotura de algún componente si los dispositivos de protección no existen o no funcionan. Por lo tanto las ondas de tensión $1,2/50 \mu\text{s}$ y las de corriente $8/20 \mu\text{s}$ deben proporcionarse por la misma salida del generador según lo requiera la carga.

6.1.1 Características y funciones del generador de ondas combinadas

Polaridad	positiva y negativa
Desfase	en un rango de 0° a 360° por cociente de la fase del sector con el nivel del ESE, con una tolerancia de $\pm 10^\circ$
Frecuencia de repetición	una vez por minuto o más rápido
Tensión de cresta de salida a circuito abierto	ajustable de 0,5 kV hasta el nivel prescrito
Forma de onda de la tensión de choque	véanse la tabla 2 y la figura 2
Tolerancia de la tensión de salida	véase la tabla 3
Corriente de cresta de salida cresta en cortocircuito	depende de la regulación de la tensión de cresta (véanse las tablas 2 y 3)
Forma de onda de la corriente de choque	véanse la tabla 2 y la figura 3
Tolerancia de la corriente de salida en circuito abierto	véase la tabla 3
Impedancia de salida efectiva	$2 \Omega \pm 10\%$

Tabla 2 – Definiciones de los parámetros de las formas de ondas $1,2/50 \mu\text{s}$ – $8/20 \mu\text{s}$

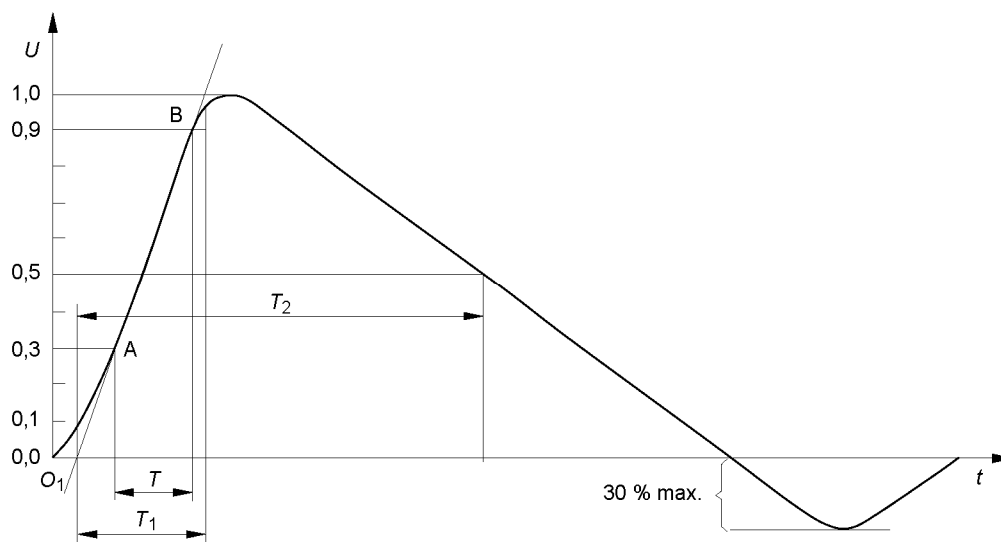
Definiciones	De acuerdo con la Norma IEC 60060-1		De acuerdo con la Norma IEC 60469-1	
	Duración del frente μs	Tiempo transcurrido hasta el valor mitad μs	Tiempo de subida (10% – 90%) μs	Duración (50% – 50%) μs
Tensión a circuito abierto	$1,2 \pm 30\%$	$50 \pm 20\%$	$1 \pm 30\%$	$50 \pm 20\%$
Corriente de cortocircuito	$8 \pm 20\%$	$20 \pm 20\%$	$6,4 \pm 20\%$	$16 \pm 20\%$
NOTA En las normas IEC existentes, las formas de onda $1,2/50 \mu\text{s}$ y $8/20 \mu\text{s}$ se definen generalmente de acuerdo con la Norma IEC 60060-1 como se muestra en las figuras 2 y 3. Otras recomendaciones IEC se basan en definiciones de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60469-1 como se muestra en la tabla 2. Ambas definiciones son válidas para esta parte de la Norma IEC 61000 y se refieren a un único generador.				

Tabla 3 – Relaciones entre tensión de cresta de circuito abierto y corriente de cresta de cortocircuito

Tensión de cresta de circuito abierto $\pm 10\%$	Corriente de cresta de cortocircuito $\pm 10\%$
0,5 kV	0,25 kA
1,0 kV	0,5 kA
2,0 kV	1,0 kA
4,0 kV	2,0 kA

La corriente de cresta de cortocircuito debe ser como la que se muestra en la tabla 3 cuando la tensión de cresta de circuito abierto es como la que se especifica.

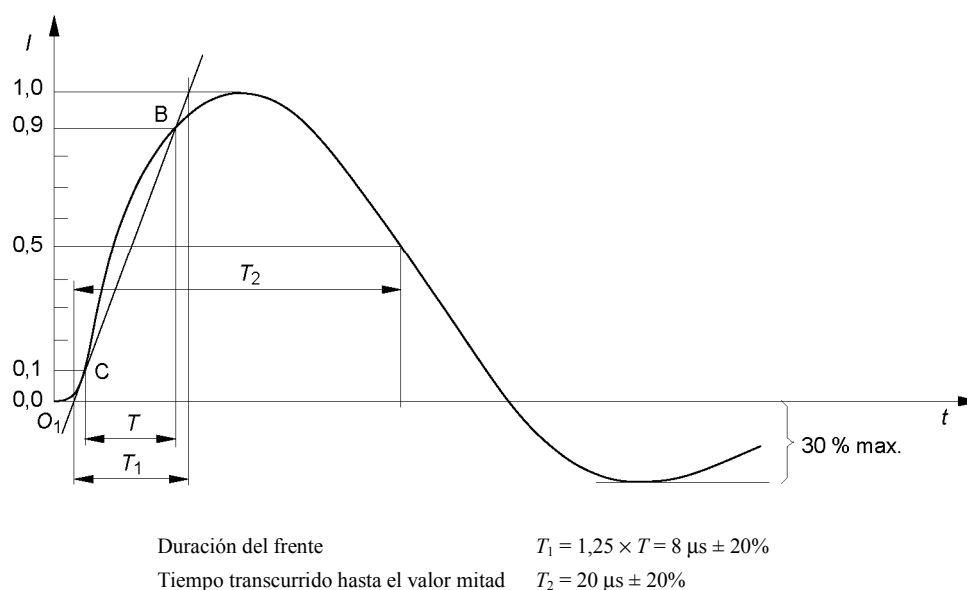
Se debe usar un generador con salida flotante.



Duración del frente $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$
 Tiempo transcurrido hasta el valor mitad $T_2 = 50 \mu\text{s} \pm 20\%$

NOTA La forma de onda de tensión de circuito abierto puede presentar una relajación considerable de salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento, como lo muestra la curva de la figura 3.

Figura 2 – Forma de onda de tensión de circuito abierto (1,2/50 μs) a la salida del generador sin RCD (red de acoplamiento/desacoplamiento) conectada (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)



NOTA La especificación de la relajación del 30% solo se aplica a la salida del generador. En la salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento, no hay limitación de exceso o de relajación

Figura 3 – Forma de onda de corriente de cortocircuito (8/20 µs) a la salida del generador sin RCD conectada (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)

6.1.2 Calibración del generador

Con el fin de comparar los resultados de ensayos realizados con distintos generadores de ensayo, debe calibrarse periódicamente dicho generador. Para este propósito, es necesario el siguiente método para medir las características fundamentales del generador.

La salida del generador de ensayo se debe conectar a un sistema de medida con un ancho de banda y una capacidad para soportar una tensión suficiente, para monitorizar las características de las formas de onda.

Las características del generador se deben medir en condiciones de circuito abierto (carga mayor o igual a 10 kΩ) y bajo condiciones de cortocircuito (carga menor o igual a 0,1 Ω) para la misma tensión de carga.

Todas las formas de onda así como los parámetros de funciones indicados respectivamente en los apartados 6.1.1 y 6.1.2 se deben cumplir en la salida del generador.

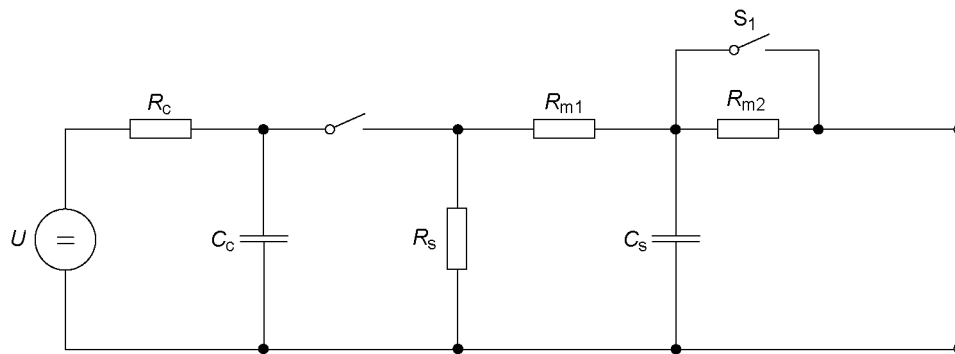
NOTA 1 Cuando una resistencia adicional interna o externa se añade a la salida del generador para aumentar la impedancia efectiva de fuente de 2 Ω a, por ejemplo, 42 Ω, de acuerdo con los requisitos del dispositivo de ensayo, la duración del frente y el tiempo transmitido hasta el valor mitad a la salida de la red de acoplamiento se puede modificar de manera significativa.

NOTA 2 Las características del generador de ondas combinadas de este apartado se pueden utilizar para la verificación.

6.2 Generador de ondas combinadas 10/700 µs

Este generador está previsto para generar una onda de choque que tiene: una duración de frente de la tensión en circuito abierto de 10 µs; y una duración hasta la mitad del valor de la tensión en circuito abierto de 700 µs.

El esquema simplificado del circuito del generador se da en la figura 4. Los valores de los diferentes componentes se definen para que el generador proporcione una onda de choque de 10/700 µs.



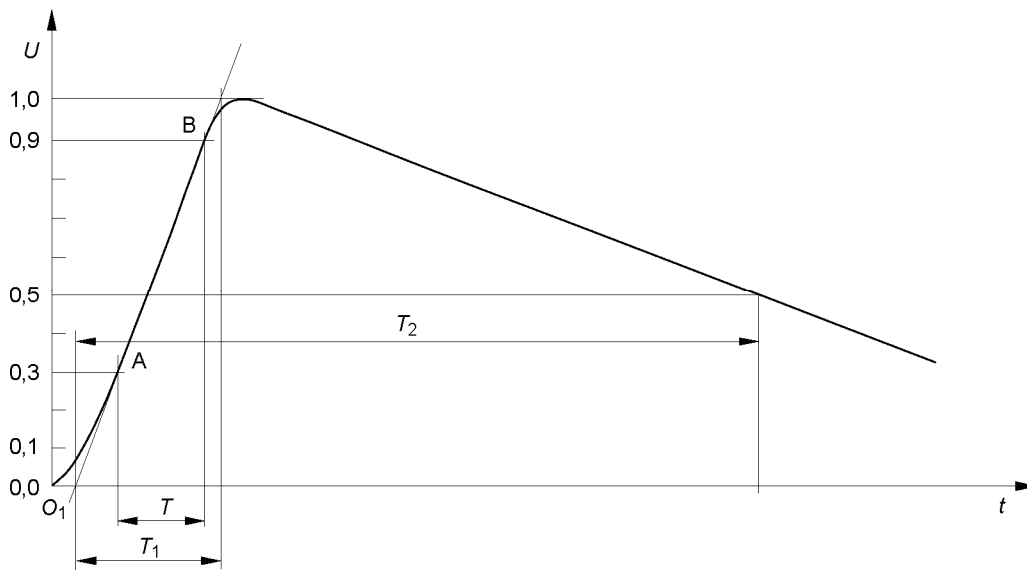
- U Fuente de alta tensión
 R_c Resistencia de carga
 C_c Condensador de almacenamiento de energía
 R_s Resistencia determinante de la duración del impulso
 R_m Resistencias de adaptación de impedancia
 C_s Condensador determinante del tiempo de subida
 S_1 Conmutador cerrado cuando se emplean resistencias de adaptación externas

Figura 4 – Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas (10/700 μ s – 5/320 μ s) de acuerdo con las normas de la serie K de la UIT

6.2.1 Características y funciones del generador

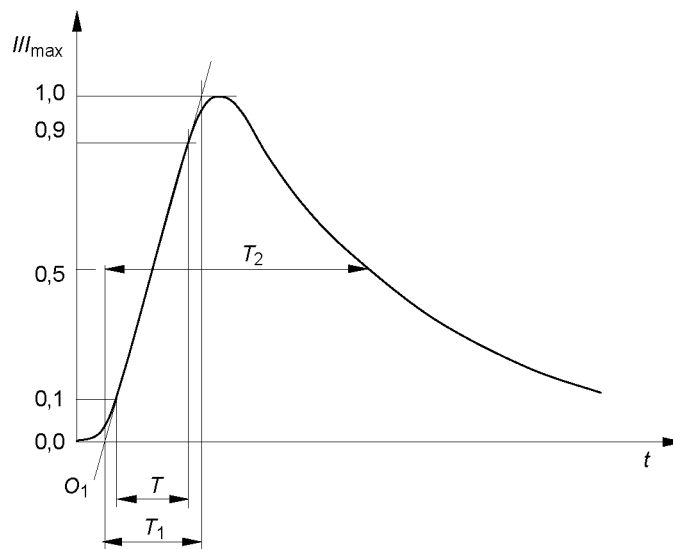
Polaridad	positiva/negativa
Frecuencia de repetición	al menos 1 por minuto
Tensión de cresta de salida a circuito abierto	ajutable de 0,5 kV hasta el nivel prescrito
Forma de onda de la onda de choque de tensión	véase la tabla 4 y la figura 5
Tolerancia de la tensión de salida	véase la tabla 5
Corriente de cresta de salida en cortocircuito:	depende de la regulación de la tensión de cresta (véanse las tablas 4 y 5)
Tolerancia de la corriente de salida en cortocircuito	véase la tabla 5
Impedancia de salida efectiva:	40 $\Omega \pm 10\%$ para la salida del generador solamente

NOTA La impedancia de salida efectiva consiste típicamente en unas resistencias internas de 15 Ω (R_{m1}) y 25 Ω (R_{m2}). Las resistencias R_{m2} se pueden omitir, poner en paralelo o cortocircuitar y reemplazarse por resistencias de acoplamiento externas cuando se utilizan para acoplamientos múltiples – véase figura 14.



Duración del frente $T_1 = 1,67 \times T = 10 \mu\text{s} \pm 30\%$
 Tiempo transcurrido hasta el valor mitad $T_2 = 700 \mu\text{s} \pm 20\%$

Figura 5 – Forma de onda de la tensión a circuito abierto (10/700 μs) (definición de la forma de onda de acuerdo con la Norma IEC 60060-1)



Duración del frente $T_1 = 1,25 \times T = 5 \mu\text{s} \pm 20\%$
 Tiempo transcurrido hasta el valor mitad $T_2 = 320 \mu\text{s} \pm 20\%$

NOTA En la Norma IEC 60060-1 la especificación de la forma de onda se define como 5/320 μs , mientras que en la Norma IEC 60469-1 se define como 4/300 μs . Además esta forma de onda se mide con el conmutador S1 de la figura 4 abierto.

Figura 6 – Forma de onda de corriente de cortocircuito 5/320 μs (definición según la Norma IEC 60060-1)

Tabla 4 – Definiciones de los parámetros de las formas de ondas 10/700 μ s – 5/320 μ s

Definiciones	De acuerdo con las series k de la UIT y la Norma IEC 60060-1		De acuerdo con la Norma IEC 60469-1	
	Duración del frente μ s	Tiempo transcurrido hasta el valor mitad μ s	Tiempo de subida (10% – 90%) μ s	Duración (50% – 50%) μ s
Tensión a circuito abierto	10 \pm 30 %	700 \pm 20 %	6,5 \pm 30 %	700 \pm 20 %
Corriente de cortocircuito	5 \pm 20 %	320 \pm 20 %	4 \pm 20 %	300 \pm 20 %

NOTA En las normas IEC y de UIT-T existentes, la forma de onda 10/700 μ s se define generalmente de acuerdo con la Norma IEC 60060-1 como se muestra en las figuras 5 y 6. Otras recomendaciones IEC se basan en definiciones de las formas de onda de acuerdo con la Norma IEC 60469-1 como se muestra en la tabla 4.

Ambas definiciones se consideran válidas para esta sección de la Norma IEC 61000-4 y se refieren a un único generador.

Tabla 5 – Relaciones entre tensión de cresta en circuito abierto y corriente de cresta de cortocircuito

Tensión de cresta de circuito abierto \pm 10%	Corriente de cresta de cortocircuito \pm 10%
0,5 kV	12,5 A
1,0 kV	25 A
2,0 kV	50 A
4,0 kV	100 A

NOTA La corriente de cresta de cortocircuito se mide con el conmutador S1 de la figura 4 abierto

La corriente de cresta de cortocircuito debe ser como la que se muestra en la tabla 5 cuando la tensión de cresta en circuito abierto es como la que se especifica.

6.2.2 Calibración del generador

Con el fin de comparar los resultados de ensayos realizados con distintos generadores de ensayo, debe calibrarse periódicamente dicho generador. Para este propósito, es necesario el siguiente método para medir las características fundamentales del generador.

La salida del generador se debe conectar a un sistema de medida con un ancho de banda y una capacidad para soportar una tensión suficiente, para monitorizar las características de las formas de onda.

Las características del generador se deben medir en condiciones de circuito abierto (carga mayor o igual a 10 k Ω) y bajo condiciones de cortocircuito (carga menor o igual a 0,1 Ω) para la misma tensión de carga.

Todas las formas de onda así como los parámetros de funcionamiento indicados respectivamente en los apartados 6.2.1 y 6.2.2 se deben cumplir en la salida del generador.

NOTA Las características del generador de ondas combinadas de este capítulo se pueden utilizar para la verificación.

6.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento

Cada red de acoplamiento/desacoplamiento (RCD) consiste en una red de desacoplamiento y un elemento de acoplamiento como lo muestran los ejemplos de las figuras 7 a 15.

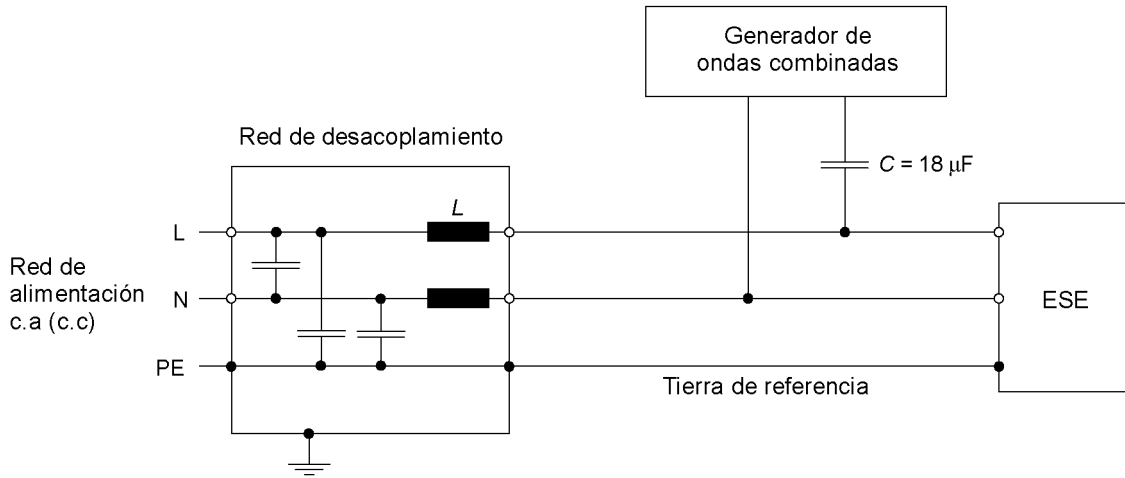


Figura 7 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-línea (de acuerdo con el apartado 7.2)

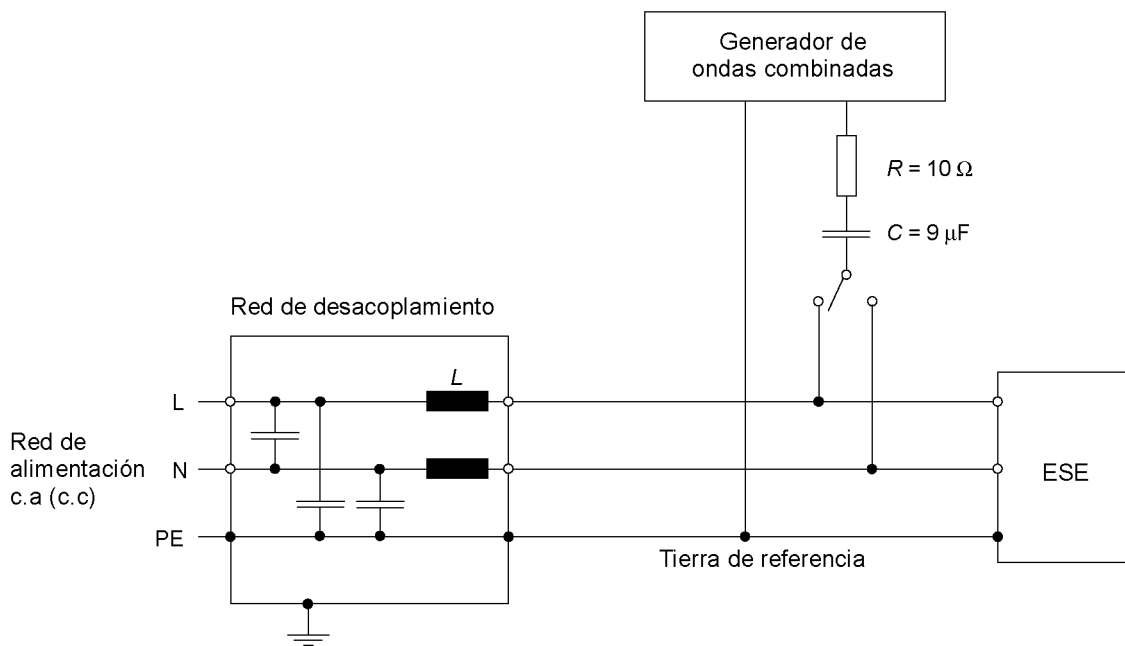


Figura 8 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.2)

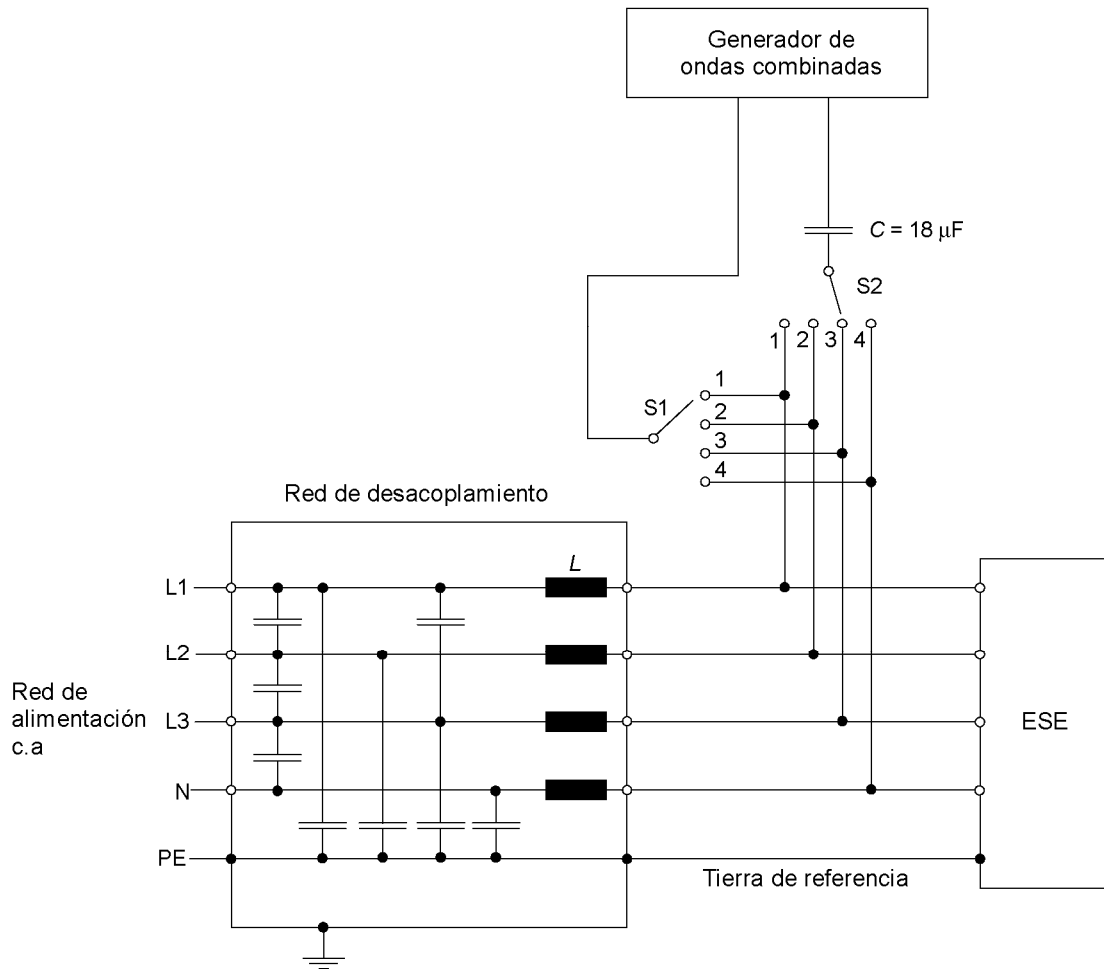
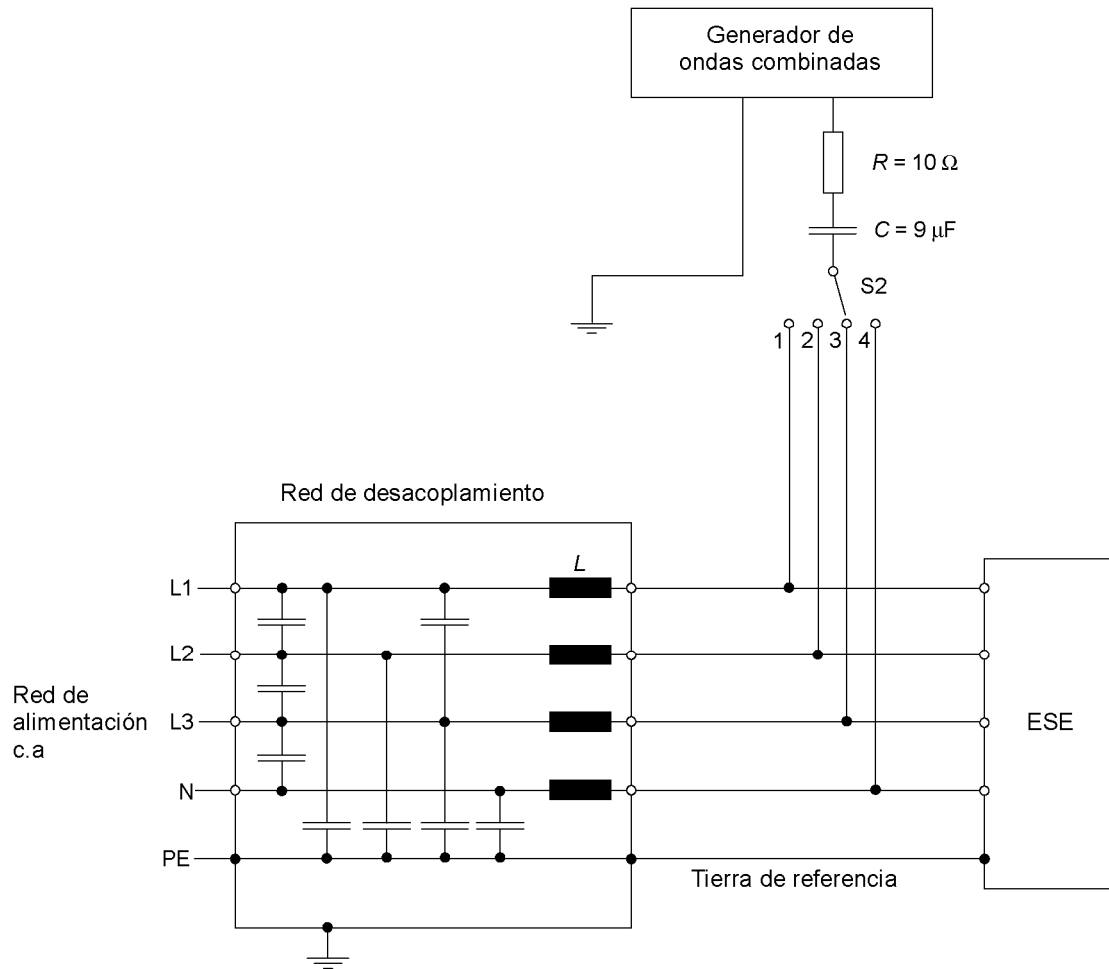
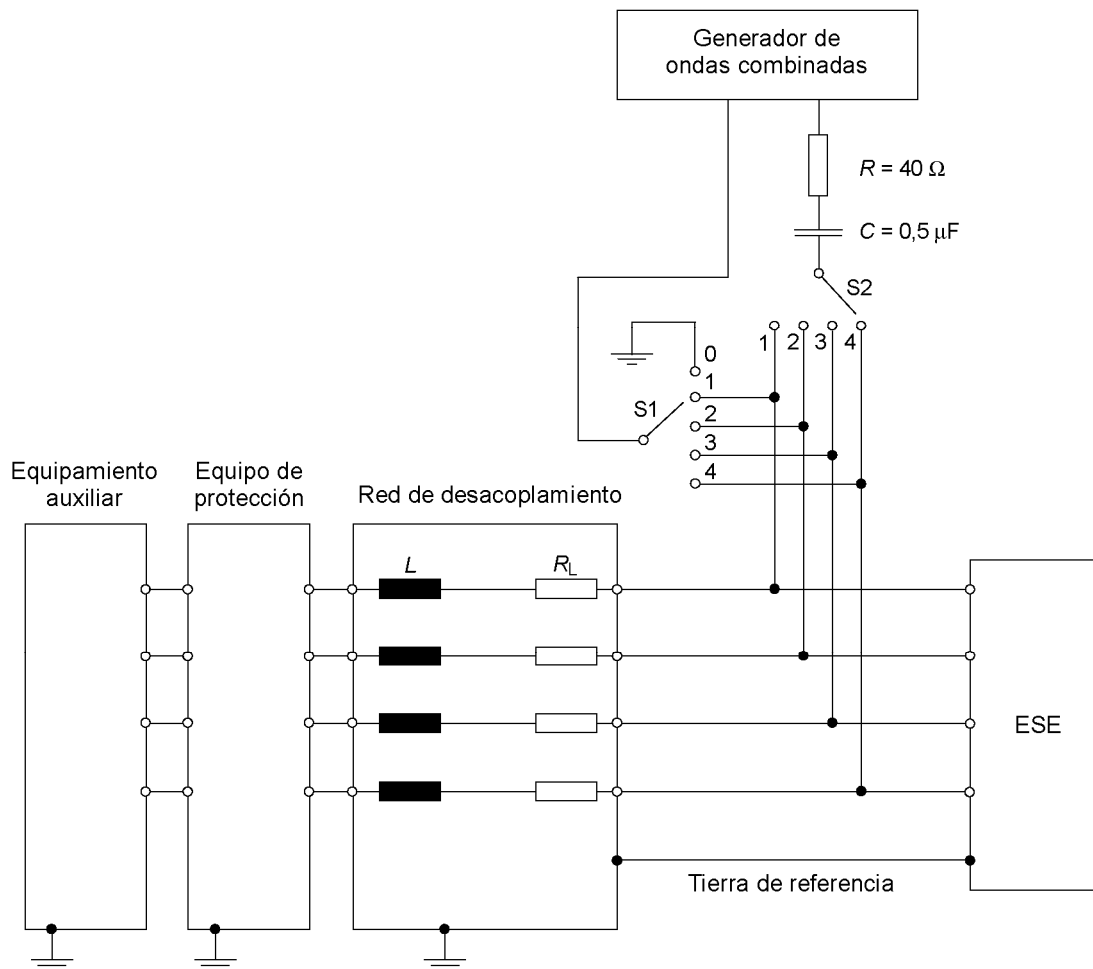


Figura 9 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y la fase L1 (de acuerdo con el apartado 7.2)



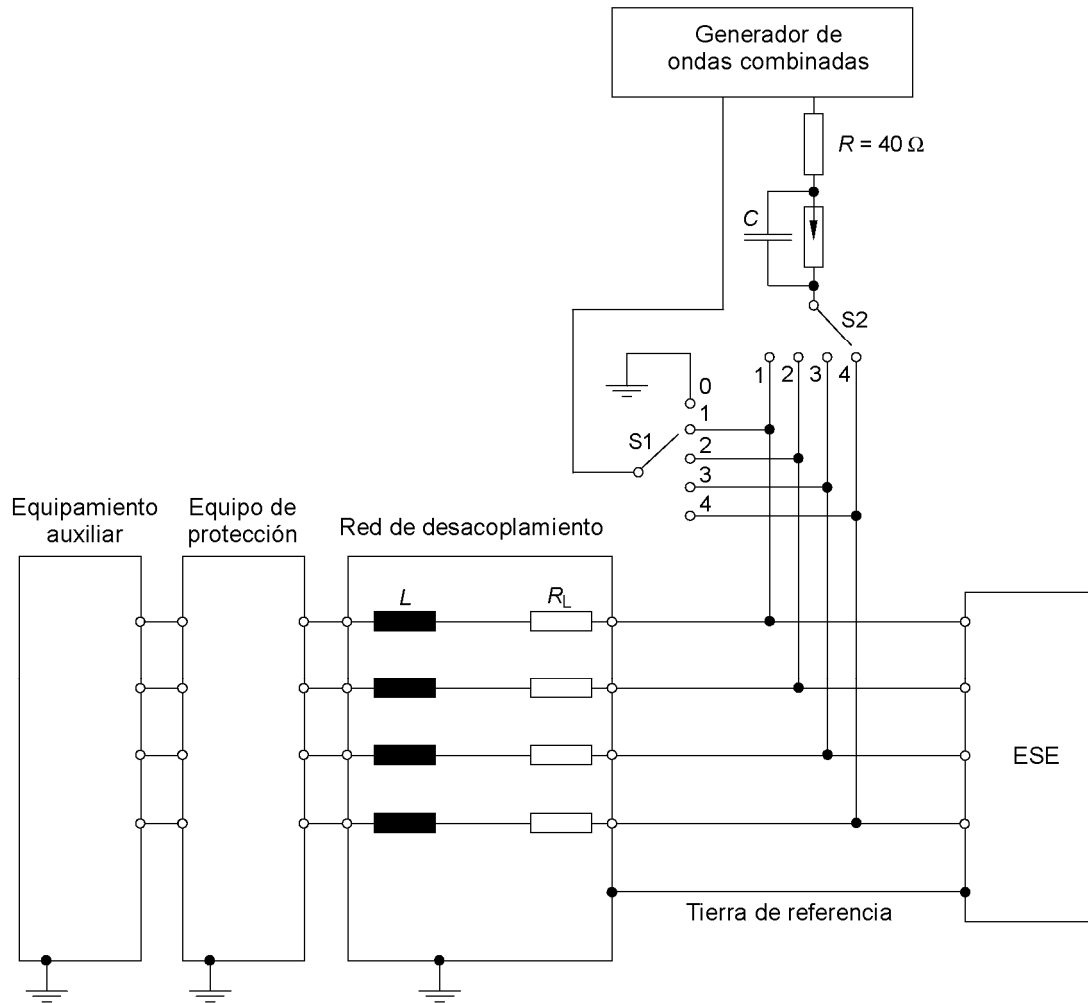
El conmutador S2 se utiliza para seleccionar individualmente las líneas para el ensayo.

Figura 10 – Ejemplo del montaje de ensayo de acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a. (trifásicas); acoplamiento entre la fase L3 y la tierra (de acuerdo con el apartado 7.2)



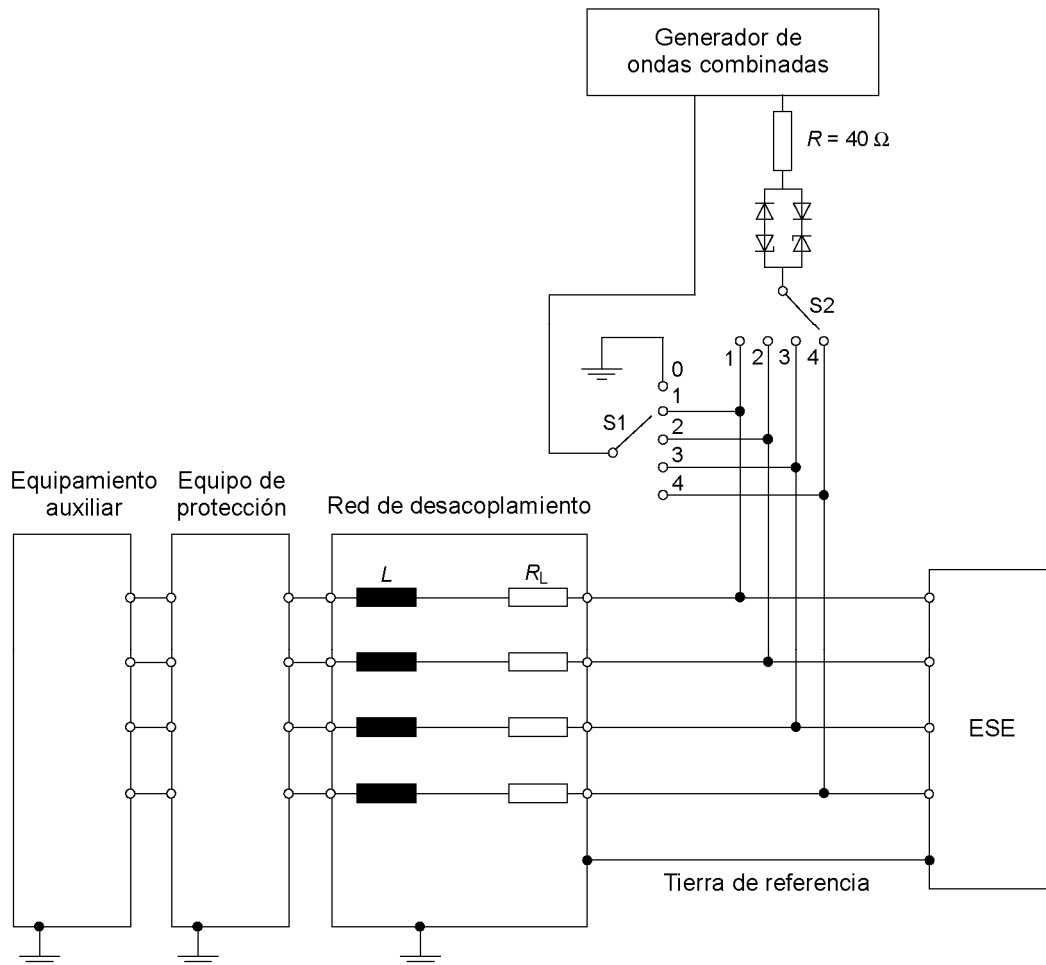
- 1) Conmutador S1
 - Entre línea y tierra; posición 0
 - Entre línea y línea; posiciones 1 a 4
- 2) Conmutador S2
 - Durante el ensayo, en una de las posiciones 1 a 4 pero no en la misma que el conmutador S1
- 3) $L = 20 \text{ mH}$, R_L representa la componente resistiva de la inductancia L

Figura 11 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por condensadores



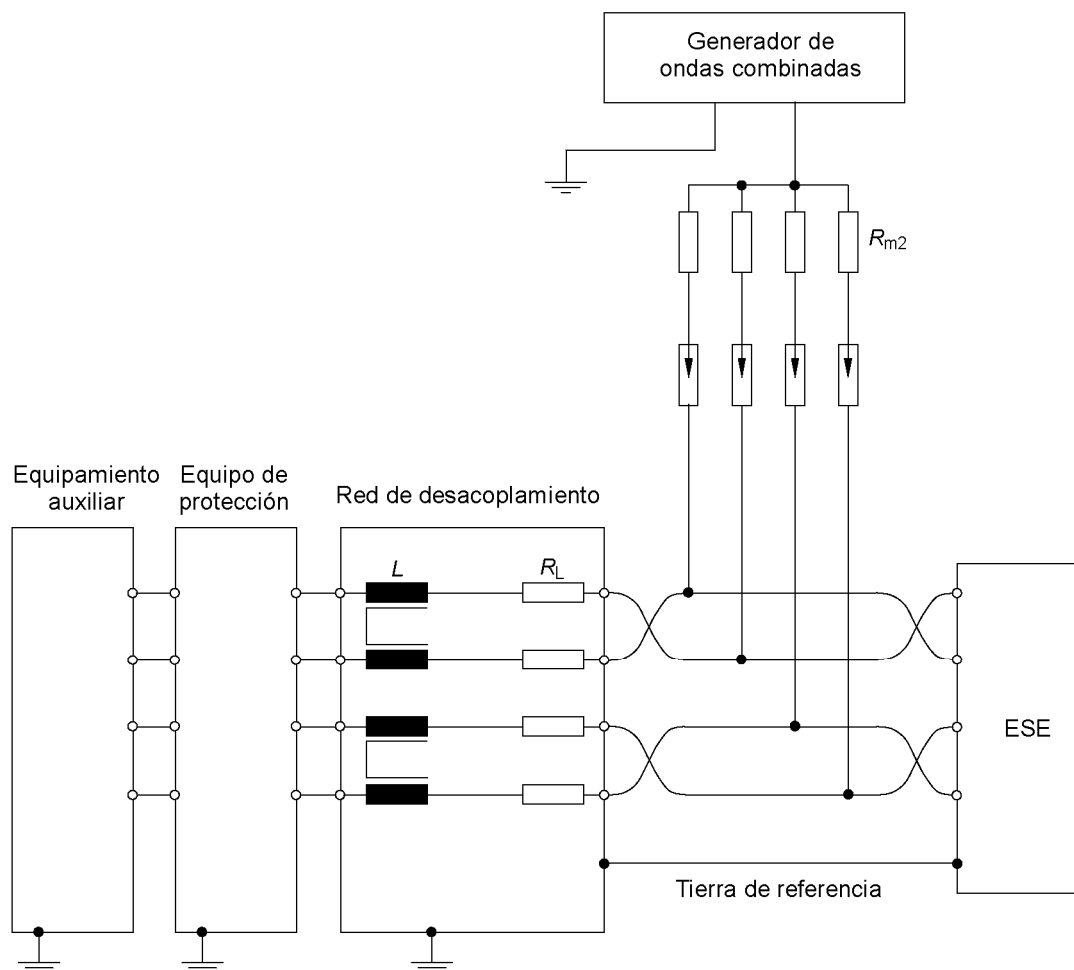
- 1) Conmutador S1
 - Entre línea y tierra; posición 0
 - Entre línea y línea; posiciones 1 a 4
- 2) Conmutador S2
 - Durante el ensayo, en una de las posiciones 1 a 4 pero no en la misma que el conmutador S1
- 3) $L = 20 \text{ mH}$, R_L representa la componente resistiva de la inductancia L

Figura 12 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por descargadores



- 1) Conmutador S1
 - Entre línea y tierra: posición 0
 - Entre línea y línea: una de las posiciones 1 a 4
- 2) Conmutador S2
 - En una de las posiciones 1 a 4, pero no en la misma que el conmutador S1
- 3) $L = 20 \text{ mH}$, R_L representa la parte resistiva de la inductancia L

Figura 13 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamiento línea-línea o entre línea-tierra (de acuerdo con el apartado 7.3), acoplamiento por circuito de fijación auxiliar



Cálculo de R_{m2} en caso de utilización de un generador CWG (generador de ondas combinadas 1,2/50 μ s)

Ejemplo para $n = 4$

$$R_{m2} = 4 \times 40 \Omega = 160, \text{ máx. } 250 \Omega$$

Cálculo de R_{m2} en caso de utilización de un generador CWG (generador de ondas combinadas 10/700 μ s)

La resistencia interna de adaptación R_{m2} (25 Ω) se sustituye por la resistencia externa $R_{m2} = n \times 25 \Omega$ por conductor (para n conductores con n mayor o igual a 2)

Ejemplo para $n = 4$

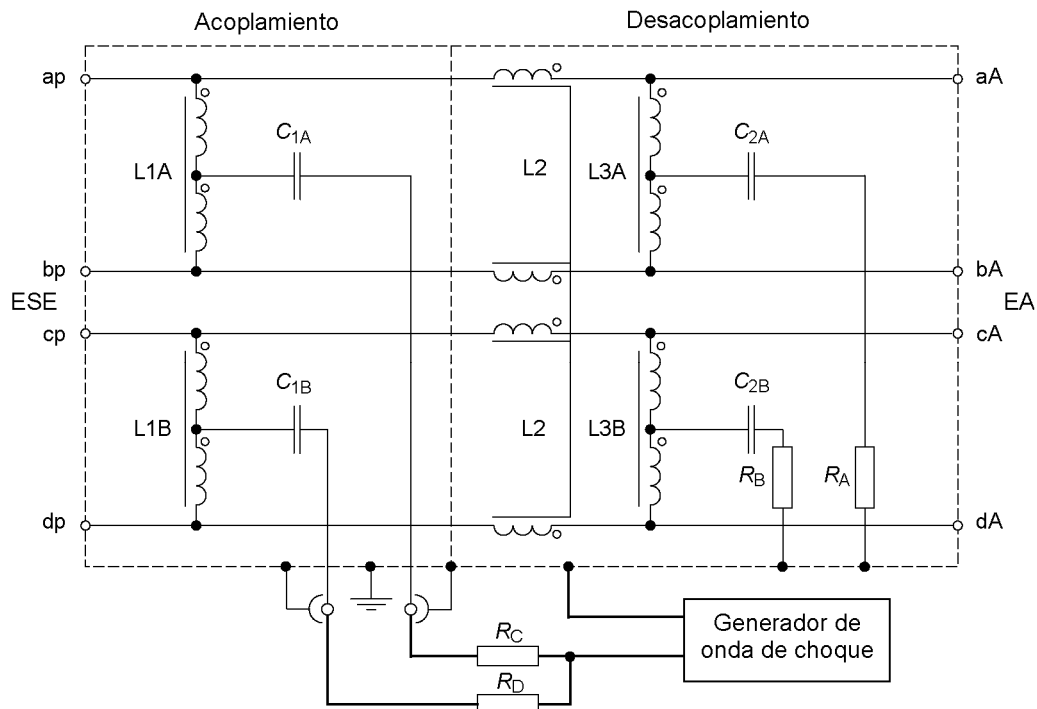
$$R_{m2} = 4 \times 25 \Omega = 100 \Omega, R_{m2} \text{ no debe sobrepasar } 250 \Omega$$

$L = 20$ mH, la compensación de corriente puede incluir las cuatro bobinas o solamente pares como se muestra en la figura para su efectividad

R_L : su valor depende de la atenuación despreciable de la señal de transmisión.

NOTA Los descargadores de gas representados se pueden sustituir por un circuito de fijación auxiliar como el que se representa en la figura 13.

Figura 14 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión simétricas y no apantalladas (líneas de comunicaciones); acoplamiento entre línea y tierra (de acuerdo con el apartado 7.4), acoplamiento por descargadores



En la figura, los símbolos del tipo de conexión significan puntos de conexión.

NOTA 1 L2 debe ser una autoinducción de 4 bobinas compensadas para evitar la saturación de la bobina debida a la alimentación de potencia. Además L2 debe tener una baja impedancia resistiva; es decir $\ll 1 \Omega$. Las resistencias conectadas en paralelo con L2 pueden bajar la resistencia total.

NOTA 2 Es conveniente que R_A y R_B tengan un valor lo más bajo posible para impedir las oscilaciones o las resonancias.

NOTA 3 R_C y R_D están previstas para ser resistencias de aislamiento de 80Ω .

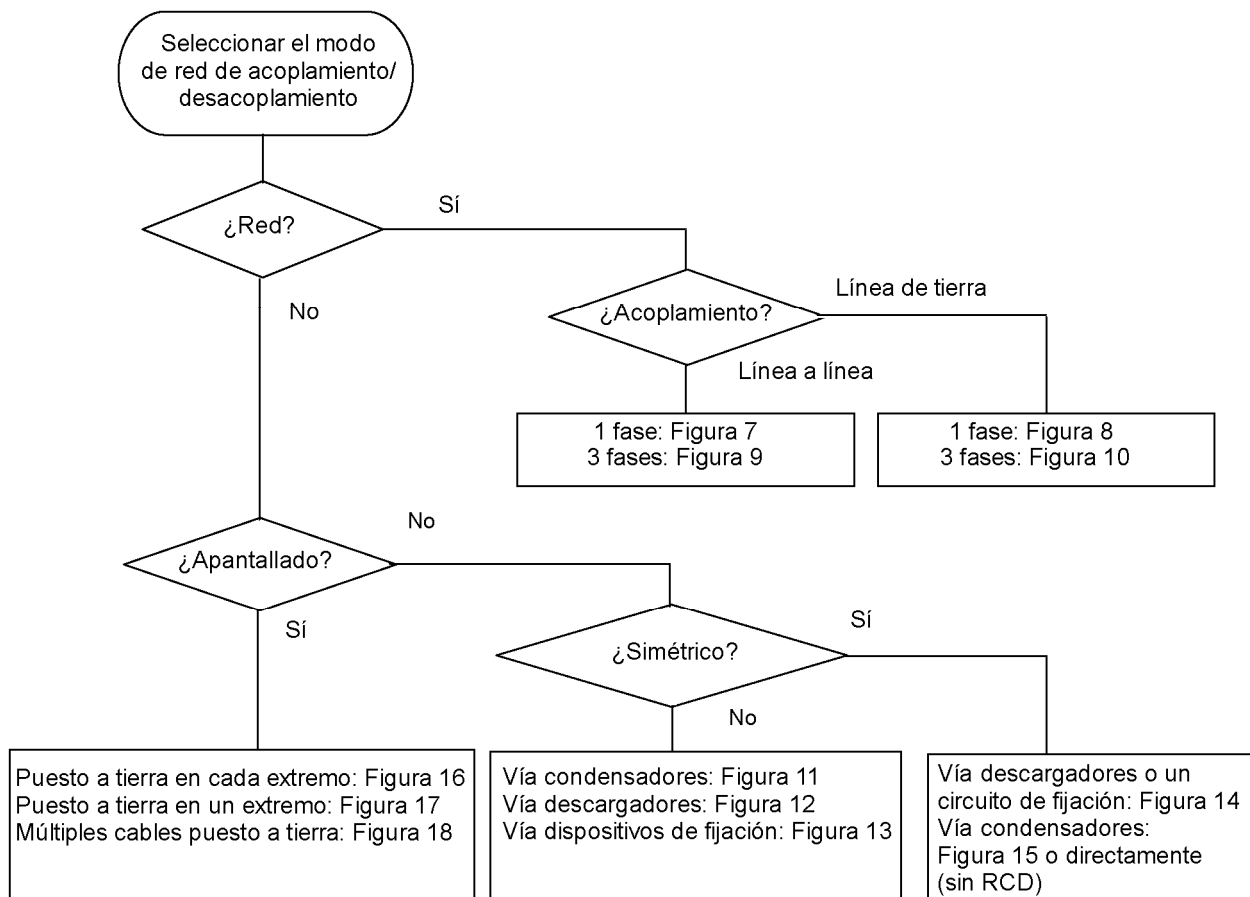
NOTA 4 No se recomienda utilizar este diseño con la forma de onda 10/700 μs ya que probablemente las inductancias se saturarán.

Figura 15 – Ejemplo de red de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de comunicaciones simétricas de gran velocidad utilizando la onda de choque 1,2/50 μs

En la red de alterna o continua, la red de desacoplamiento proporciona una impedancia relativamente alta frente a la onda de choque pero al mismo tiempo, permite a la corriente de alimentación alterna o continua circular hacia el ESE. Esta impedancia permite a la forma de onda de tensión desarrollarse a la salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento, e impide a la corriente de la onda de choque circular hacia la fuente alterna o continua. Se utilizan capacidades de alta tensión como elemento de acoplamiento, dimensionados para permitir a la totalidad de las duraciones de forma de onda acoplarse al ESE. La red de acoplamiento/desacoplamiento para las líneas de potencia alterna o continua se debe diseñar de manera que, la onda de tensión en circuito abierto y la onda de corriente de cortocircuito cumplan con los requisitos sobre la tolerancia de las tablas 6 y 7.

Para las líneas de entradas/salidas y de comunicaciones, la impedancia serie de la red de desacoplamiento limitará el ancho de banda disponible para la transmisión de los datos. El apartado 6.3.4 describe un método a utilizar, en el caso en que un ensayo no pueda ser realizado con una red de acoplamiento/desacoplamiento en el sitio. Los elementos de acoplamiento pueden ser una capacidad, en los casos en que la línea tolerará los efectos de carga capacitiva (véase el apartado 6.3.2.1), o un descargador (véanse los apartados 6.3.2.2 y 6.3.2.3). Cuando se acoplan a las líneas de interconexión, las formas de onda se pueden distorsionar por el mecanismo de acoplamiento como se describe en el apartado 6.3.2.

Cualquier red de acoplamiento/desacoplamiento debe cumplir con los requisitos de los apartados 6.3.1 a 6.3.3. Su utilización se realiza según el diagrama de flujo siguiente:



6.3.1 Redes de acoplamiento/desacoplamiento para circuitos de alimentación en c.a./c.c.

La duración del frente de onda y el tiempo transcurrido hasta el valor mitad del impulso se deben verificar para tensiones en condiciones de circuito abierto y para corrientes en condiciones de cortocircuito en la puerta de salida del ESE. La especificación de relajación del 30% se aplica únicamente a la salida del generador. A la salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento, no hay límite de relajación o de exceso. La salida del generador o de su red de acoplamiento se debe conectar a un sistema de medida de un ancho de banda suficiente y de una capacidad de tensión que permita el control de la forma de onda de la tensión en circuito abierto.

Para el acoplamiento línea a línea, la onda de choque debe ser acoplada con un condensador de 18 μF como se muestra en las figuras 7 y 9.

Para el acoplamiento línea a tierra, la onda de choque se debe acoplar con un condensador de 9 μF asociado a una resistencia en serie de 10 Ω como se muestra en las figuras 8 y 10.

La inductancia de desacoplamiento se debe seleccionar por el fabricante del generador de manera que a nivel del conector del ESE de la red de acoplamiento/desacoplamiento, la caída de tensión en c.a. sea inferior al 10%, al valor de la corriente especificada, pero no debería sobrepasar 1,5 mH.

Con el fin de impedir las caídas de tensión adversas en las redes de acoplamiento/desacoplamiento, el valor del elemento de desacoplamiento se debe reducir generalmente para redes de acoplamiento/desacoplamiento > 25 A. En este caso, la "duración del valor mitad de la forma de onda" de la tensión de circuito abierto se puede reducir, de acuerdo con las tablas 6 y 7 siguientes.

Tabla 6 – Especificación de la forma de onda de la tensión en la puerta del ESE de la red de acoplamiento/desacoplamiento

Parámetros de la onda de choque de tensión en condiciones de circuito abierto	Impedancia de acoplamiento	
	18 μ F	9 μ F + 10 Ω
Duración del frente	1,2 μ s \pm 30%	1,2 μ s \pm 30%
Duración hasta el valor medio		
Valor de la corriente < 25 A	50 μ s +10 μ s/-10 μ s	50 μ s +10 μ s/-25 μ s
Valor de la corriente 25 A – 60 A	50 μ s +10 μ s/-15 μ s	50 μ s +10 μ s/-30 μ s
Valor de la corriente 60 A – 100 A	50 μ s +10 μ s/-20 μ s	50 μ s +10 μ s/-35 μ s
NOTA Se deberían medir los parámetros de la tensión de onda de choque con la entrada de la alimentación sobre la red de acoplamiento/desacoplamiento estando en circuito abierto.		

Tabla 7 – Especificación de la forma de onda de la corriente en la puerta del ESE de la red de acoplamiento/desacoplamiento

Parámetros de la onda de choque de corriente en condiciones de cortocircuito	Impedancia de acoplamiento	
	18 μ F	9 μ F + 10 Ω
Duración del frente	8 μ s \pm 20%	2,5 μ s \pm 30%
Duración hasta el valor medio	20 μ s \pm 20%	25 μ s \pm 30%
NOTA Se deberían medir los parámetros de la corriente de onda de choque con la entrada de la alimentación sobre la red de acoplamiento/desacoplamiento estando en circuito abierto.		

NOTA Para unos ESE que tengan una corriente asignada superior a 100 A, el acoplamiento directo de la onda de choque de un ESE no alimentado y sin utilización de una red de acoplamiento/desacoplamiento, puede ser el único método de ensayo razonable. Los criterios de fallo del capítulo 9 sólo se deberían aplicar a equipos alimentados, sin embargo si un ESE es ensayado sin alimentación, se debería aplicar el apartado 9 d) una vez que el ESE sea vuelto a poner en marcha. El ensayo parcial del ESE (por ejemplo la unidad de control solo) es aceptable cuando no es posible ensayar un sistema entero debido a los requisitos de corriente de la red c.a. superior a 100 A.

El residuo de la tensión de choque en las entradas de alimentación de la red de desacoplamiento, cuando el ESE está desconectado, no debe exceder del 15% de la tensión de ensayo aplicada o dos veces el valor de cresta de la tensión asignada de la red de acoplamiento/desacoplamiento, la que sea más elevada.

El residuo de la tensión de choque en las líneas que no están directamente sometidas a ensayo no debe exceder el 15% de la tensión de ensayo máxima cuando el ESE esté desconectado y la entrada de la red de acoplamiento/desacoplamiento esté en circuito abierto.

Las características mencionadas anteriormente para las redes monofásicas (fase, neutro, tierra de protección) son también válidos para los sistemas trifásicos (tres fases, neutro y tierra de protección).

6.3.2 Redes de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de interconexión

La elección del método de acoplamiento se debe hacer en función de los circuitos y de las condiciones de funcionamiento. Esto tiene que especificarse en las especificaciones/normas de producto.

El ensayo que utiliza una red de acoplamiento/desacoplamiento con acoplamiento capacitivo, puede no producir los mismos resultados que cuando se utiliza el acoplamiento por descargador. Si se prefiere un método de acoplamiento en especial, se debería especificar en las normas de productos. En cualquier caso, se debería indicar el método de acoplamiento utilizado en el informe de ensayo.

Se pueden utilizar inductancias compensadas en la red de desacoplamiento si las líneas de señales son simétricas.

6.3.2.1 Redes de acoplamiento/desacoplamiento que utilizan capacidades

El acoplamiento capacitivo es el método preferido para circuitos de E/S no apantallados y asimétricos, cuando las comunicaciones funcionales pueden ser mantenidas en esta línea. En la figura 11 se da un ejemplo de red de acoplamiento.

Características recomendadas de la red de acoplamiento/desacoplamiento:

Elemento de acoplamiento $R = 40 \Omega$, $C = 0,5 \mu\text{F}$.

Inductancia de desacoplamiento $L: 20 \text{ mH}$.

6.3.2.2 Redes de acoplamiento/desacoplamiento que utilizan dispositivos de sujeción

Este método puede ser utilizado en los casos en que el acoplamiento capacitivo no se aplica por razones de funcionamiento debido a la conexión de condensadores sobre el ESE (véase la figura 11). Algunos dispositivos de sujeción tienen una baja capacidad parásita y permitirán conectarse a numerosos tipos de líneas de E/S.

Cuando el acoplamiento se realiza con un dispositivo de sujeción, la capacidad indicada en la figura 11 se sustituye por un dispositivo de sujeción único o por un circuito como se indica en la figura 13.

La tensión de sujeción del dispositivo se debe seleccionar de forma que sea la más baja posible siendo superior a la tensión de trabajo máxima de las líneas a ensayar.

Características recomendadas para la red de acoplamiento/desacoplamiento:

Impedancia de acoplamiento $R = 40 \Omega$ más la impedancia del dispositivo de sujeción seleccionado.

Inductancias de desacoplamiento $L = 20 \text{ mH}$.

La forma de impulso a la salida del ESE del dispositivo de sujeción depende de la amplitud del impulso y de las características del dispositivo de sujeción mismo; en consecuencia, no es posible especificar los valores y tolerancias de la forma de onda.

6.3.2.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento que utilizan dispositivos de avalancha

Este método puede ser utilizado en los casos en que el acoplamiento capacitivo no se aplica por razones de funcionamiento debido a la conexión de condensadores en el ESE (véase la figura 11). Los dispositivos de avalancha de silicio o los descargadores de gas, tienen una baja capacidad parásita y permitirán conectarse a la mayor parte de los tipos de líneas de E/S. Sin embargo, los descargadores de gas tienen típicamente una tensión de cebado alta, que afectará mucho a la forma de onda de choque acoplada.

La figura 12 muestra un ejemplo de red de acoplamiento/desacoplamiento que utiliza un descargador.

La tensión de funcionamiento del descargador se debe seleccionar de forma que sea la más baja posible siendo superior a la tensión de trabajo máxima de las líneas a ensayar.

Características recomendadas para la red de acoplamiento/desacoplamiento:

Impedancia de acoplamiento $R = 40 \Omega$ más la impedancia del descargador (gas o de estado sólido).

Inductancias de desacoplamiento $L = 20$ mH.

La forma del impulso a la salida del ESE en el dispositivo de avalancha depende de la amplitud del impulso y de las características del mismo dispositivo de avalancha; por tanto, no es posible especificar los valores y tolerancias de la forma de onda.

6.3.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento que utilizan descargadores para el acoplamiento a las líneas simétricas

El acoplamiento por descargadores es el método recomendado para los circuitos simétricos no apantallados (comunicaciones). Se representa en la figura 14.

La red de acoplamiento tiene también la misión de asegurar la separación de la corriente de choque en pares múltiples sobre los cables multiconductores.

Por lo tanto, la resistencia R_{m2} de la red de acoplamiento debe ser, para los n conductores asociados, $n \times 40 \Omega$ (para n igual o mayor que 2). El valor de R_{m2} no debe sobrepasar los 250Ω .

EJEMPLO 1: para unas ondas de choque $1,2/50 \mu\text{s}$: $n = 4$, $R_{m2} = 4 \times 40 \Omega$. En unión con la impedancia interna del generador el valor total es aproximadamente de 42Ω .

EJEMPLO 2: para las ondas de choque $10/700 \mu\text{s}$: $n = 4$, $R_{m2} = 4 \times 25 \Omega$. En unión con la impedancia R_{m1} (15Ω) del generador, el valor total es aproximadamente de 40Ω , mientras que S1 esté cerrado en el interior del generador, véase la figura 4.

Características recomendadas de la red de acoplamiento/desacoplamiento:

Impedancia de acoplamiento R_{m2} más la impedancia del descargador.

Inductancia de desacoplamiento $L = 20$ mH.

La forma del impulso a la salida del ESE del descargador depende de la amplitud del impulso y de las características del descargador mismo; por tanto, no es posible especificar los valores y tolerancias de la forma de onda.

6.3.4 Redes de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de comunicación de gran velocidad

Debido a las restricciones físicas, la mayor parte de las redes de acoplamiento/desacoplamiento están limitadas al tratamiento de frecuencias hasta alrededor de unos 100 kHz. En los casos en que no haya una red de acoplamiento/desacoplamiento adecuada disponible comercialmente, las ondas de choque deben aplicarse directamente a los puertos de datos de comunicaciones de gran velocidad.

El método de acoplamiento se debe seleccionar en función de los circuitos y de las condiciones de funcionamiento. Esto se tiene que especificar en la especificación de producto.

En tanto que no afecte las comunicaciones, se puede utilizar una red de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de gran velocidad tal como se representa en la figura 15.

7 MONTAJE DE ENSAYO

Si ninguno de los métodos de acoplamiento especificados en este capítulo puede ser utilizado por razones de funcionamiento, se deben desarrollar otros métodos (adaptados al caso particular) por los comités de producto y los resultados correspondientes deben ser indicados en las normas de productos o de familia de productos. También puede ser necesario especificar un criterio de funcionamiento.

7.1 Equipo de ensayo

Los siguientes equipos forman parte del montaje de ensayo:

- equipo sometido a ensayo (ESE);
- equipamiento auxiliar (EA), cuando esté prescrito;
- cables (tipos y longitudes especificados);
- red de acoplamiento/desacoplamiento;
- generador de ondas combinadas;
- red de desacoplamiento/dispositivos de protección;
- es necesaria una referencia de tierra en forma de una placa metálica cuando los episodios de alta frecuencia son probables (es decir, para el acoplamiento por descargadores) y para los ensayos en las líneas apantalladas según el apartado 7.6.1 y la figura 17. La conexión a tierra de referencia se realiza solamente cuando el ESE está normalmente instalado con una conexión a la tierra de referencia.

7.2 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre la alimentación del ESE

La onda de choque 1,2/50 μ s ha de aplicarse a los bornes de alimentación del ESE mediante una red de acoplamiento capacitivo (véanse figuras 7, 8, 9 y 10). Se requieren redes de desacoplamiento con el fin de evitar posibles efectos adversos sobre los equipos que no están sometidos a ensayo que puedan estar alimentados por las mismas líneas y para proporcionar una impedancia desacopladora suficiente de manera que la onda de choque especificada pueda aplicarse sobre las líneas sometidas a ensayo.

A menos que se especifique lo contrario el cable de alimentación entre el ESE y la red de acoplamiento/desacoplamiento debe tener una longitud menor de 2 m.

Para los propósitos de esta norma, los accesos de alimentación sólo se consideran como los accesos que están directamente conectados al sector c.a. o a los sistemas de alimentación distribuidos c.c.

Para los productos con doble aislamiento sin conductor de protección o con conexiones externas a tierra, el ensayo se debe realizar de la misma manera que para los productos puestos a la tierra, pero sin añadir ninguna conexión externa de puesta a tierra. Si no existen otras conexiones posibles a tierra, los ensayos entre línea y tierra se pueden omitir.

7.3 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas

En general, la onda de choque se aplica a las líneas de acuerdo con la figura 11 por un acoplamiento capacitivo. La red de acoplamiento/desacoplamiento no debe influir sobre las condiciones especificadas de funcionamiento de los equipos ensayados.

Unos montajes alternativos de ensayo se dan en las figuras 12 y 13 para circuitos con una mayor velocidad de transferencia de la señal. La selección se debe hacer dependiendo de la carga capacitiva y de la frecuencia de transmisión. Esta alternativa reduce la carga capacitiva sobre el ESE y se puede adaptar mejor a los circuitos de alta frecuencia.

A menos que se especifique lo contrario, la línea de interconexión entre el ESE y la red de acoplamiento/desacoplamiento debe tener una longitud no superior a 2 m.

7.4 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión de telecomunicación simétricas y no apantalladas

Para circuitos simétricos de interconexión o comunicación (véase la figura 14), no suele ser posible emplear el método de acoplamiento capacitivo. En este caso, el acoplamiento se realiza por descargadores de gas. Los niveles de ensayo por debajo del nivel de cebado del descargador (sobre los 300 V para descargadores de 90 V) no pueden especificarse.

NOTA Se consideran dos configuraciones de ensayo:

- a) el ensayo de inmunidad de un equipo con únicamente protección secundaria del ESE a un nivel de ensayo bajo, por ejemplo 0,5 kV o 1 kV;
- b) el ensayo de inmunidad de un sistema con protección primaria adicional a un nivel de ensayo mayor, por ejemplo 2 kV o 4 kV.

A menos que se especifique lo contrario, la línea de interconexión entre el ESE y la red de acoplamiento/desacoplamiento debe tener una longitud menor o igual a 2 m.

7.5 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de comunicación de gran velocidad

Este montaje de ensayo se utiliza cuando las redes de acoplamiento/desacoplamiento, cuyo ejemplo se muestra en la figura 15, no se pueden utilizar debido a altas velocidades de datos o frecuencias de transmisión altas.

Antes del ensayo, el funcionamiento correcto de la puerta se debe verificar; la conexión externa se debe retirar y la onda de choque aplicada directamente a los bornes de la puerta sin red de acoplamiento/desacoplamiento. Después de la onda de choque, el funcionamiento correcto de la puerta se debe verificar de nuevo.

Es conveniente que el ESE esté en funcionamiento durante el ensayo de la onda de choque, estando la puerta desconectada; sin embargo, es de resaltar que algunos ESE pueden intentar parar o desconectar de manera interna las puertas de comunicación, si la línea de datos/comunicaciones se retira. Si es posible, es conveniente proceder por etapas para conservar activa la puerta de datos/comunicaciones durante el ensayo.

NOTA Las redes de acoplamiento/desacoplamiento contienen elementos de filtrado paso-bajo, diseñados para detener los componentes de alta frecuencia de la onda de choque, pero dejar pasar las señales de baja frecuencia y la alimentación. Cuando las frecuencias de la señal útil sobrepasan alrededor de 100 kHz o que las velocidades de datos sobrepasen los 100 kbit/s, los componentes de filtrado necesarios para trabajar con la onda de choque degradan la señal de manera significativa.

7.6 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas apantalladas

En el caso de líneas apantalladas no se puede utilizar una red de acoplamiento/desacoplamiento, en este caso es preciso utilizar el montaje del apartado 7.6.1 o del 7.6.2.

7.6.1 Aplicación directa

El ESE se aísla de la tierra y la onda de choque se aplica a su envolvente metálica; la carga (o el equipamiento auxiliar) de la puerta sometida a ensayo se pone a tierra. Este ensayo se aplica a los equipos provistos de conexiones apantalladas únicas o múltiples. Véanse las figuras 16 y 17.

NOTA La tierra de referencia mencionada en la figura 16 ó 17 representa una referencia de baja impedancia, realizada preferentemente con una conexión dedicada o un plano de tierra.

Todas las conexiones del ESE distintas a las de la puerta sometida a ensayo deben ser aisladas de tierra por medios adecuados como los transformadores de aislamiento o una red de acoplamiento/desacoplamiento adaptado. La longitud del cable entre la puerta, sometida a ensayo y el dispositivo fijado en el otro extremo del cable (EA en las figuras 16 y 17) debe ser la más baja de: la longitud máxima permitida por la especificación del ESE, o 20 m. En donde la longitud sobrepase 1 m, el cable debe disponerse en un haz no inductivo.

Reglas para la aplicación de la onda de choque sobre líneas apantalladas:

a) Pantallas puestas a tierra en ambos extremos

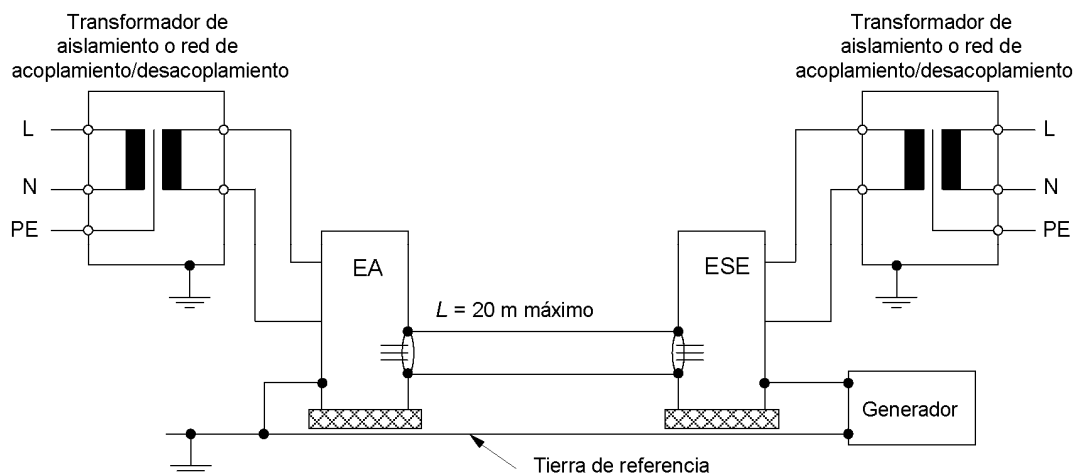
- La inyección de la onda de choque se debe realizar de acuerdo con la figura 16.

b) *Pantallas puestas a tierra en un solo extremo*

- El ensayo se debe realizar de acuerdo con la figura 17. Si en la instalación la pantalla se conecta solamente al equipo auxiliar, se debe realizar el ensayo en esta configuración, pero con el generador conectado siempre del lado del ESE, como se muestra en la figura 17. Si las longitudes de los cables lo permiten, los cables deben estar sobre soportes aislados 0,1 m por encima del plano de referencia o de la bandeja de cables.

El nivel de ensayo se aplica a las pantallas con un generador de 2 Ω de impedancia.

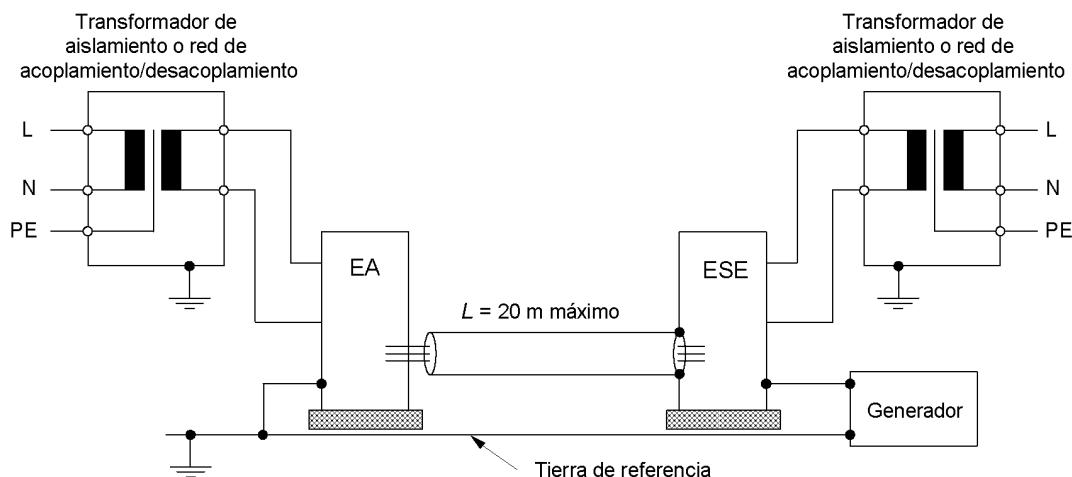
Para los productos que no tengan envolvente metálica, la onda de choque se aplica directamente al cable apantallado.



NOTA 1 Se permite alimentar el ESE y/o el EA a través de una red de desacoplamiento como por ejemplo la de la figura 7, en vez de por medio del transformador de aislamiento mostrado. En este caso, podría no conectarse la tierra de protección del ESE.

NOTA 2 Este ejemplo de instalación se aplica también a los ESE alimentados en continua.

Figura 16 – Ejemplo de montaje de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas (de acuerdo con el apartado 7.6) y para aplicar las diferencias de potencial (de acuerdo con el apartado 7.7)



NOTA 1 Se permite alimentar el ESE y/o el EA a través de una red de desacoplamiento como por ejemplo la de la figura 7, en vez de por medio del transformador de aislamiento mostrado. En este caso, podría no conectarse la tierra de protección del ESE.

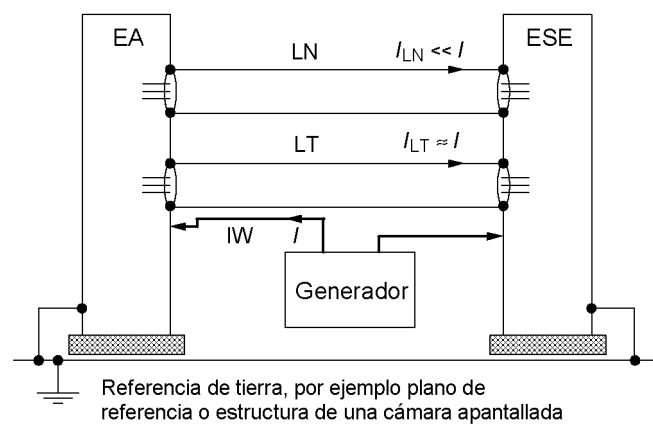
NOTA 2 Este ejemplo de instalación se aplica también a los ESE alimentados en continua.

Figura 17 – Ejemplo de montaje de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas puestas a tierra en un solo extremo (de acuerdo con el apartado 7.6) y para aplicar las diferencias de potencial (de acuerdo con el apartado 7.7)

7.6.2 Método de acoplamiento alternativo para probar los cables únicos en una configuración multiacceso apantallada

Las ondas de choque se aplican muy cerca del cable de interconexión sometido a ensayo con la ayuda de un hilo según la figura 18. Este método de acoplamiento es útil en el caso del cableado por cables apantallados múltiples que tienen numerosas conexiones a tierra, entre dos ESE o más (o un ESE y un EA) de una configuración de ensayo, para aplicar la onda de choque a un cable en particular o en un haz de cables. Si los cables especiales están puestos en haz en una instalación, es conveniente probarlos en haz.

La longitud del cable entre el/los accesos sometidos a ensayo y el dispositivo fijado en el otro extremo del cable debe ser más baja de: la longitud máxima permitida por la especificación del ESE o 20 m. Cuando la longitud sobrepase 1 m, las longitudes de los cables en exceso deben estar dispuestos en haz cerca de los centros de los cables con haces de 30 cm a 40 cm de longitud. Si esto es impracticable debido al volumen o a la rigidez, o porque el ensayo se realiza en la instalación de un usuario, la disposición de los excesos de cables debe ser anotada en el informe de ensayo con precisión.



Designaciones:

- LT Línea de interfaz señal a ensayar especialmente
- LN Línea de interfaz señal que no está previsto ensayar
- IW Hilo de inyección

NOTA Este ejemplo de instalación se aplica también en los ESE alimentados en corriente continua.

Características de la instalación de ensayo: (EA debe estar conectada a la tierra)

El generador de ensayo está situado cerca del ESE

La salida "Común" del generador de ensayo está conectada a la estructura del ESE

La salida de impulso del generador de ensayo está dirigida hacia el EA a través de una línea de inyección aislada extremadamente próxima al cable de interfaz entre el ESE y el EA. La sección transversal del cable de inyección no es crítica.

Con $I_{LT} \approx I$ y $I_{LN} \ll I$, la corriente global inyectada va a circular en la superficie de la pantalla del cable sometido a ensayo (efecto de proximidad).

Las longitudes de cables se deben seleccionar de acuerdo con la instalación con una longitud máxima de 20 m.

Es conveniente que el cable a ensayar se mantenga al menos a 1 m de los planos de referencia o de las paredes de los recintos apantallados.

Se recomienda que los cables que no estén sometidos a ensayo se encuentren al menos a 0,4 m del cable ensayado y de los planos de tierra o paredes de los recintos apantallados con el fin de evitar otros caminos de retorno para la corriente.

Figura 18 – Montaje de acoplamiento e instalación de ensayo para los ensayos realizados sobre las líneas apantalladas y para aplicar las diferencias de potencial, especialmente en las configuraciones con cableado por cables apantallados múltiples

7.7 Montaje de ensayo para la aplicación de diferencias de potencial

Para los ensayos a nivel de sistema, puede que sea necesario aplicar diferencias de potencial para simular tensiones que pueden producirse en el interior de un sistema, debido por ejemplo a corrientes de falta, de defectos o rayos. Los ensayos se deben llevar a cabo de acuerdo con la figura 16 para sistemas con líneas apantalladas, con las pantallas puestas a tierra en ambos extremos, y de acuerdo con la figura 17 para sistemas con líneas no apantalladas o con líneas apantalladas puestas a tierra en un solo extremo.

7.8 Modo de funcionamiento del ESE

Las condiciones de ensayo funcionales y las condiciones de instalación deben estar de acuerdo con la especificación de producto y deben incluir:

- la configuración de ensayo (material);
- el procedimiento de ensayo (programa informático).

8 MÉTODO DE ENSAYO

8.1 Condiciones de referencia en laboratorio

Con el fin de minimizar el impacto de los parámetros ambientales en los resultados del ensayo, el mismo se debe llevar a cabo en condiciones climáticas y electromagnéticas de referencia tal y como se especifica en los apartados 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas

A menos que se especifique lo contrario en una norma genérica, de familia de productos o de una norma de producto, las condiciones climáticas en el laboratorio deben estar dentro de los límites especificados para el funcionamiento del ESE y de los dispositivos sometidos a ensayo por sus fabricantes respectivos.

Los ensayos no se deben realizar si la humedad relativa es tal que cause una condensación sobre el ESE o sobre los equipos de ensayo.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas

Las condiciones electromagnéticas del laboratorio no deben influir sobre los resultados del ensayo.

8.2 Aplicación de la onda de choque en laboratorio

La verificación de los generadores y de las redes de acoplamiento/desacoplamiento se debe realizar antes del ensayo. Esta verificación del funcionamiento se puede limitar habitualmente a la existencia del impulso de onda de choque y a su tensión y/o su corriente.

Las características y funcionamiento de los generadores de ensayo deben estar de acuerdo con lo especificado en los apartados 6.1.1 y 6.2.1; la calibración de los generadores se debe realizar de acuerdo con los apartados 6.1.2 y 6.2.2. (habitualmente una vez por año)

El ensayo se debe realizar de acuerdo con un plan de ensayo que debe incluir un esquema del montaje del ensayo, incluyendo:

- nivel de ensayo (tensión) (véase el anexo A);

- número de ondas de choque:
el número de impulsos de ondas de choque, salvo especificación en contrario en la norma de producto adecuada:
 - para los accesos de potencia de c.c. y las líneas de interconexión, cinco impulsos de ondas de choque positivos y cinco negativos;
 - para los accesos de potencia, de c.a., cinco impulsos de ondas de choque positivos y cinco negativos a 0°, 90°, 180° y 270°;
- tiempos entre impulsos sucesivos: 1 min o menos;
- condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- punto en el que se aplican las ondas de choque.

Los accesos de potencia (c.a. o c.c.) pueden ser entradas o salidas.

NOTA 1 Se recomiendan las ondas de choque sobre las salidas para las aplicaciones en que las ondas de choque son susceptibles de penetrar en el ESE, a través de estas salidas (por ejemplo conmutación de cargas con gran consumo de potencia).

Las ondas de choque sobre las entradas/salidas c.c. de baja tensión (≤ 60 V) no se aplican en el caso en que los circuitos secundarios (aislados de la red c.a.) no estén sujetos a sobretensiones transitorias (es decir, puesto a tierra de forma fiable, circuitos secundarios de c.c filtrados capacitivamente donde la ondulación cresta a cresta es inferior al 10% del componente de c.c.).

En el caso de varios circuitos idénticos, las medidas representativas realizadas sobre un número predeterminado de circuitos pueden ser suficientes.

Si el ensayo realizado a frecuencias superiores a 1/min es causa de fallos mientras que el realizado a una frecuencia de 1/min no lo es, este último prevalece.

NOTA 2 Los comités de producto pueden seleccionar diferentes ángulos de fase y aumentar o reducir el número de ondas de choque por fase si es adecuado para sus productos.

NOTA 3 La mayor parte de los dispositivos de protección de uso común tienen una capacidad de disipación de potencia media bastante baja, aunque su capacidad de disipación de potencia cresta o de energía cresta le permite soportar grandes corrientes. Por tanto, el tiempo entre dos ondas de choque depende de los dispositivos de protección integrados en el ESE.

Información adicional del modo de realizar los ensayos se da en el capítulo B.2.

Para los ensayos entre líneas y tierra, las líneas se ensayan separadamente y de manera sucesiva, salvo especificación en contra.

El método de ensayo deber asimismo considerar las características no lineales de tensión-corriente del equipo sometido a ensayo. Por lo tanto la tensión de ensayo tiene que incrementarse en escalones hasta el nivel de ensayo especificado en la norma de producto o en el plan de ensayo, sin superarlo. Se deben cumplir todos los niveles inferiores así como el nivel de ensayo seleccionado.

En los ensayos de la protección secundaria, se debe ajustar la tensión de salida del generador a la tensión de cebado más desfavorable (nivel de no funcionamiento) de la protección primaria.

Se pueden simular las fuentes no disponibles de señales útiles.

Para un ensayo de recepción se debe emplear un equipo que no haya sido sometido a esfuerzos previos o reemplazar los dispositivos de protección.

9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los resultados del ensayo se deben clasificar teniendo en cuenta la pérdida de función o el deterioro del funcionamiento del equipo sometido a ensayo, en relación a un nivel de funcionamiento definido por su fabricante o por el solicitante del ensayo, o de acuerdo entre el fabricante y el comprador del producto. La clasificación recomendada es la siguiente:

- a) funcionamiento normal dentro de los límites especificados por el fabricante, el solicitante del ensayo o el comprador;
- b) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento, que cesa después de la desaparición de la perturbación: el equipo sometido a ensayo recupera su funcionamiento normal sin la intervención de un operador;
- c) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento, cuya corrección necesita la intervención de un operador;
- d) pérdida de función o degradación del funcionamiento no recuperable, debido a una avería del equipo o del programa, o a una pérdida de datos.

La especificación del fabricante puede definir los efectos sobre el ESE que pueden ser considerados no significativos y por tanto aceptables.

Esta clasificación se puede utilizar como una guía para la elaboración de los criterios de aptitud de la función, por los comités responsables para las normas genéricas, de producto o de familia de productos, o como un marco para el acuerdo sobre los criterios de aptitud de la función entre el fabricante y el comprador, por ejemplo, cuando no existe ninguna norma genérica, de producto o de familia de productos adecuadas.

10 INFORME DE ENSAYO

El informe del ensayo debe contener todas las informaciones necesarias para reproducir el ensayo. En especial, se debe registrar lo siguiente:

- los puntos especificados en el plan de ensayo requerido en el capítulo 8 de esta norma;
- la identificación del ESE y todos los dispositivos asociados, por ejemplo marca, tipo, número de serie;
- identificación de los dispositivos de ensayo, por ejemplo marca, tipo, número de serie;
- todas las condiciones de entorno especiales en los que el ensayo se ha realizado, por ejemplo carcasa apantallada;
- todas las condiciones específicas necesarias para permitir la realización del ensayo;
- el nivel de funcionamiento definido por el fabricante, el solicitante del ensayo o el comprador;
- criterio de aptitud en la función especificado en la norma genérica, de producto o de familia de productos;
- todos los efectos observados sobre el ESE durante o después de la aplicación de la perturbación, y el tiempo durante el cual han persistido estos efectos;
- justificación de la decisión éxito/fracaso (basado sobre el criterio de aptitud en la función especificado en la norma genérica, de producto o de familia de productos, o en el acuerdo entre el fabricante y el comprador);
- todas las condiciones específicas de utilización, por ejemplo longitud o tipo de cable, apantallado o conexión a la tierra, o condiciones de funcionamiento del ESE, que se requieren para asegurar la conformidad;
- la configuración del ensayo (material);
- la configuración del ensayo (programa informático).

El equipo no debe volverse peligroso o inseguro como resultado de la aplicación de los ensayos definidos en esta parte de la Norma IEC 61000.

ANEXO A (Informativo)**SELECCIÓN DE GENERADORES Y DE NIVELES DE ENSAYO**

La selección de los niveles de ensayo se debería basar en las condiciones de instalación. A menos que se especifique lo contrario en las normas de productos o de familia de productos, es conveniente utilizar la tabla A.1, junto con la información dada en el capítulo B.3 donde:

Clase 0: Entorno eléctrico bien protegido, a menudo dentro de una sala especial.

Clase 1: Entorno eléctrico parcialmente protegido.

Clase 2: Entorno eléctrico en el que los cables están bien separados, incluso en tendidos cortos.

Clase 3: Entorno eléctrico donde los cables están dispuestos en paralelo.

Clase 4: Entorno eléctrico en el que las interconexiones se hacen mediante cables exteriores, junto con los cables de potencia, y en el que los cables se emplean tanto para circuitos electrónicos como eléctricos.

Clase 5: Entorno eléctrico para equipos electrónicos conectados a cables de telecomunicación y líneas eléctricas aéreas de distribución en áreas no densamente pobladas.

Clase x: Condiciones especiales especificadas en las especificaciones de producto.

Se da información adicional en el anexo B.

Para determinar el nivel de inmunidad del sistema, se deberían tomar medidas adicionales correspondientes a las condiciones de instalación reales, por ejemplo de la protección primaria.

Tabla A.1 – Selección de los niveles de ensayo (dependiendo de las condiciones de la instalación)

Clase de instalación	Niveles de ensayo (kV)											
	Alimentación c.a. y E/S c.a. directamente conectados a la red de alimentación		Alimentación c.a. y E/S c.a. no directamente conectados a la red de alimentación		Alimentación c.c. y E/S c.c. directamente conectados		Circuitos/líneas no simétricos ^{d,f}		Circuitos/líneas simétricos ^{d,f}		Líneas de E/S y comunicaciones apantalladas ^f	
	Modo de acoplamiento		Modo de acoplamiento		Modo de acoplamiento		Modo de acoplamiento		Modo de acoplamiento		Modo de acoplamiento	
	Línea-Línea	Línea-Tierra	Línea-Línea	Línea-Tierra	Línea-Línea	Línea-Tierra	Línea-Línea	Línea-Tierra	Línea-Línea	Todas las líneas a tierra	Línea-Línea	Línea-Tierra
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	0,5	NA	0,5	NA	NA
2	0,5	1,0	NA	NA	NA	NA	0,5	1,0	NA	1,0	NA	0,5
3	1,0	2,0	1,0 ^e	2,0 ^{b,e}	1,0 ^e	2,0 ^{b,e}	1,0 ^c	2,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^c
4	2,0	4,0 ^b	2,0 ^e	4,0 ^{b,e}	2,0 ^e	4,0 ^{b,e}	2,0 ^c	4,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^{b,c}	NA	4,0 ^c
5	^a	^a	2,0	4,0 ^b	2,0	4,0 ^b	2,0	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^c

^a Depende de la clase del sistema de alimentación local.
^b Ensayado generalmente con una protección primaria.
^c El nivel de ensayo puede ser rebajado un nivel si la longitud del cable es igual o inferior a 10 m.
^d No se aconseja ningún ensayo sobre los cables de interconexión hasta 10 m para las líneas de datos.
^e Si una protección se especifica aguas arriba del ESE, el nivel de ensayo debería corresponder al nivel de protección cuando no está instalada la protección.
^f Las líneas de comunicación de gran velocidad podrían estar incluidas en las líneas no simétricas, simétricas, de E/S apantalladas y/o de comunicaciones.

Las ondas de choque (y los generadores de ensayo) para las diferentes clases son como sigue:

Clases 1 a 4: 1,2/50 μs (8/20 μs).

Clase 5: 1,2/50 μs (8/20 μs) para las puertas de líneas de alimentación y los circuitos/líneas de señal de corta distancia.

Clases 1 a 5: 10/700 μs (5/320 μs) para las puertas de líneas de comunicación simétricas.

Las impedancias de la fuente deben ser como las indicadas en las figuras de los montajes de ensayo respectivos.

ANEXO B (Informativo)**NOTAS EXPLICATIVAS****B.1 Diferentes impedancias de fuente**

La selección de la impedancia de fuente del generador depende de:

- la clase del cable/conductor/línea (alimentación en c.a., alimentación en c.c., interconexión, etc.);
- la longitud de los cables ó líneas;
- las condiciones interiores ó exteriores;
- la aplicación de la tensión de ensayo (entre líneas o entre línea y tierra).

La impedancia de 2Ω representa la impedancia de fuente de la red de alimentación de baja tensión. El generador se utiliza con una impedancia efectiva de salida de 2Ω .

La impedancia de 12Ω ($10 \Omega + 2 \Omega$) representa la impedancia de fuente de la red de alimentación de baja tensión y la de la tierra. El generador se utiliza con una resistencia adicional de 10Ω en serie.

La impedancia efectiva de 42Ω ($40 \Omega + 2 \Omega$) representa la impedancia de fuente entre todas las demás líneas y tierra. El generador se utiliza con una resistencia adicional de 40Ω en serie.

En algunos países, (EE.UU. por ejemplo), otras normas distintas a las de IEC para las líneas de corriente alterna pueden requerir que los ensayos representados en las figuras 8 y 10 se efectúen con una impedancia de 2Ω , lo que constituye un ensayo más severo.

B.2 Aplicación de los ensayos

Se distinguen dos clases de ensayos diferentes; a nivel de equipo y a nivel de sistema.

B.2.1 Inmunidad a nivel de equipo

El ensayo se debe llevar a cabo en laboratorio sobre un único ESE. La inmunidad del ESE así ensayado se refiere a la inmunidad a nivel de equipo.

La tensión de ensayo no debe exceder la capacidad del aislamiento del ESE para soportar la alta tensión.

B.2.2 Inmunidad a nivel de sistema

En la tabla A.1 se dan rangos de niveles de ensayo preferentes. Estos valores se incluyen a título ilustrativo y no constituyen una recomendación o un requisito. Los valores se han seleccionado con un fin explicativo y no se ponen como práctica recomendada.

El ensayo efectuado en laboratorio se refiere el ESE, pero la inmunidad de un equipo no asegura en todos los casos la inmunidad de un sistema que lo contiene. Por esta razón se recomienda realizar un ensayo, a nivel de sistema, que simule la instalación real. La instalación simulada debe incluir los ESE individuales y dispositivos de protección si se estipulan por el manual de aplicación del sistema o son estipulados por el operador del sistema/red. Se utilizarán la longitud real y el tipo de líneas de interconexión, las cuáles pueden afectar al nivel de protección global del sistema.

La simple adición de un dispositivo de protección externo que no está coordinado con otros dispositivos de protección internos, podría no tener ningún efecto, podría reducir el efecto del sistema de protección global, o podría mejorar el conjunto del sistema de protección.

Se pueden encontrar informaciones complementarias en las normas IEC relativas a los dispositivos de protección, series de Norma IEC 61643 e IEC 62305 (Protección contra el impulso electromagnético del rayo).

Este ensayo está destinado a simular del mejor modo posible las condiciones reales de instalación en las cuales el ESE o los ESE funcionan.

En el caso de condiciones reales de instalación, pueden aplicarse niveles de tensión más elevados, si bien la energía de la onda de choque estará limitada por los dispositivos de protección de acuerdo a sus características de limitación de corriente.

El ensayo a nivel de sistema está asimismo destinado a mostrar que los efectos secundarios producidos por los dispositivos de protección (cambio de la forma de onda, de modo, de la amplitud de las tensiones o corrientes) no causan efectos inadmisibles sobre el ESE. Con el fin de verificar que no existe ninguna ventana, en la que podrían producirse daños, es necesario realizar ensayos con tensiones de ensayo aumentadas progresivamente hasta el valor requerido. Esta tensión de ensayo específica se determina por los puntos de funcionamiento de los componentes de protección o dispositivos de protección integrados en el ESE (véase la Norma IEC 61643-21, apartado 6.2.1.8 Ensayos de punto ciego).

B.3 Clasificación de la instalación

Clase 0 Entorno eléctrico bien protegido, a menudo dentro de una habitación especial.

Todos los cables de entrada están provistos con protección de sobretensión (primaria y secundaria). Los elementos electrónicos están interconectados por medio de un sistema de puesta a tierra adecuado, el cual no se ve influido de manera significativa por la red de potencia o por el rayo.

El equipo electrónico tiene su propia fuente de alimentación dedicada (véase la tabla A.1).

La tensión de choque puede no sobrepasar los 25 V.

Clase 1 Entorno eléctrico parcialmente protegido.

Todos los cables entrantes a la sala del equipo están provistos de protección de sobretensión primaria.

Los elementos del equipo están interconectados por una red de puesta a tierra, la cual no se ve influida significativamente por la instalación de potencia o por rayos.

El equipo electrónico tiene su fuente de alimentación completamente separada del resto de equipos.

Las operaciones de maniobra pueden producir interferencias en el interior de la sala.

La tensión de la onda de choque puede no sobrepasar los 500 V.

Clase 2 Entorno eléctrico donde los cables están bien separados, incluso en tendidos cortos.

La instalación está puesta a tierra mediante una línea de tierra separada, conectada a un sistema de puesta a tierra de la red de potencia el cual puede estar sometido a perturbaciones de tensión producidas por la propia instalación o por rayos. La alimentación de los equipos electrónicos está separada del resto de circuitos, a menudo mediante un transformador dedicado para la alimentación.

Existen circuitos no protegidos en la instalación, pero bien separados y en número restringido.

La tensión de choque puede no exceder de 1 kV.

Clase 3 Entorno eléctrico en el que los cables de potencia y de señal van en paralelo.

La instalación está puesta a tierra a través del sistema común de puesta a tierra de la instalación de potencia el cual puede estar sometido a tensiones perturbadoras generadas por la propia instalación o por rayos.

La corriente debida a faltas a tierra, operaciones de maniobra y rayos en la red de potencia, puede provocar tensiones perturbadoras de amplitud relativamente elevada en el sistema de puesta a tierra. El equipo electrónico protegido y el equipo eléctrico menos sensible están conectados a la misma red de alimentación. Los cables de interconexión pueden ser parcialmente cables exteriores, aunque cercanos a la red de puesta a tierra.

Existen cargas inductivas no suprimidas en la instalación y habitualmente no hay separación entre los diferentes cables de campo.

La tensión de choque puede no exceder de los 2 kV.

Clase 4 Entorno eléctrico en el que las interconexiones transcurren como cables exteriores junto a los cables de potencia, y los cables se emplean tanto para circuitos electrónicos como eléctricos.

La instalación está conectada al sistema de puesta a tierra de la instalación de potencia la cual puede estar sometida a tensiones perturbadoras causadas por la propia instalación o por rayos.

Las corrientes del orden de kA debidas a faltas a tierra, operaciones de maniobra y rayos en la red de alimentación pueden generar tensiones perturbadoras de amplitud relativamente elevada en el sistema de puesta a tierra. La red de alimentación puede ser a la vez común para los equipos electrónicos y los equipos eléctricos. Los cables de interconexión discurren como cables exteriores incluso para los equipos de alta tensión.

Un caso especial de este tipo de entorno se da cuando los equipos electrónicos están conectados a la red de telecomunicación en el interior de un área densamente poblada. No hay red de puesta a tierra propiamente dicha en el exterior de los equipos electrónicos, y la red de tierra la constituyen únicamente tuberías, cables etc.

La tensión de choque puede no exceder de 4 kV.

Clase 5 Entorno eléctrico para equipo electrónico conectado a cables de telecomunicación y líneas aéreas de potencia en áreas poco pobladas.

Todos los cables y líneas están provistos de protección de sobretensión primaria. Fuera del equipo electrónico no existe un sistema de puesta a tierra (instalación expuesta). Las tensiones perturbadoras debidas a faltas a tierra (corrientes de hasta 10 kA) y rayos (corrientes hasta 100 kA) pueden ser extremadamente elevadas.

Los requisitos para esta clase se cubren por el nivel de ensayo 4 (véase el anexo A).

Clase x Condiciones especiales estipuladas en las especificaciones de producto.

B.4 Nivel de inmunidad mínimo para puertas conectadas a la red de alimentación

El mínimo nivel de inmunidad para conexiones a la red de alimentación pública es:

- Acoplamiento entre líneas 0,5 kV (véase montaje de ensayo en figuras 7 y 9).
- Acoplamiento línea – tierra 1 kV (véase montaje en figuras 8 y 10).

B.5 Inmunidad a nivel de equipo para puertas conectadas a líneas de interconexión

Los ensayos de ondas de choque en circuitos de interconexión únicamente se requieren para conexiones externas (exteriores al armario o la cabina)

Si es posible ensayar a nivel de sistema (ESE con las líneas de interconexión conectadas) no es necesario ensayar a nivel de equipo, especialmente en aquellos casos en los que el apantallamiento del cable de interconexión forma parte de los sistemas de protección. Si la instalación de la planta se lleva a cabo por alguien diferente a los fabricantes del equipo, la tensión admisible para las entradas y salidas del ESE (especialmente para el interfaz de procesado) debería especificarse.

El fabricante debería ensayar su equipo basándose en los niveles de ensayo especificados para confirmar la inmunidad a nivel de equipo, por ejemplo nivel de 0,5 kV para los terminales de un ESE con protección secundaria. Los usuarios de la planta o los responsables de la instalación deberían tomar entonces las medidas necesarias (por ejemplo apantallamiento, puesta a masa, puesta a tierra, uso de sistemas de protección) para asegurar que las tensiones perturbadoras debidas a, por ejemplo, impacto de rayos no exceden el nivel de inmunidad elegido.

ANEXO C (Informativo)**CONSIDERACIONES PARA OBTENER LA INMUNIDAD PARA LOS EQUIPOS CONECTADOS A LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE BAJA TENSIÓN**

Esta norma de ensayo, la Norma IEC 61000-4-5, describe los ensayos con el fin de determinar la inmunidad a las ondas de choque de tensión y de corriente de los equipos y sistemas electrónicos. El equipo o el sistema a ensayar están considerados como una caja negra y los resultados de los ensayos se juzgan según los criterios siguientes:

- a) funcionamiento normal;
- b) pérdida temporal de función o deterioro temporal del funcionamiento sin necesitar la intervención de un operador;
- c) pérdida temporal de función o deterioro temporal del funcionamiento que necesita la intervención de un operador;
- d) pérdida de función con daño permanente del equipo (lo que significa el fracaso del ensayo).

Mientras que los ensayos de la Norma IEC 61000-4-5 investigan la escala completa de los efectos posibles sobre los equipos y sistemas debidos a las ondas de choque de corrientes comparativamente bajas, incluyendo sus daños permanentes y su destrucción, hay otros ensayos normalizados relacionados pero no interesados por la pérdida temporal de funcionamiento, sino por el daño real o la destrucción de los equipos.

La Norma IEC 60664-1 se refiere a la coordinación de aislamiento de los equipos en el interior de los sistemas de baja tensión y la Norma IEC 61643-1 es una norma de ensayo de los sistemas de protección conectados a los sistemas de distribución de alimentación de baja tensión. Además, estas dos normas se refieren al efecto de las sobretensiones temporales sobre los equipos. La Norma IEC 61000-4-5 y las demás normas de la serie IEC 61000 no consideran el efecto de las sobretensiones temporales sobre los equipos o sistemas.

El daño permanente es difícilmente aceptable, ya que supone un tiempo de inmovilización del sistema y gastos de reparaciones o de reemplazamientos. Este tipo de fallos se deben generalmente a una protección a las ondas de choque inadecuada o carente, lo que permite a las tensiones y corrientes de choque excesivas penetrar en los circuitos de los equipos, causando disfuncionamientos, fallos de componentes, pérdidas de aislamiento permanentes y riesgos de fuego, humo o de choque eléctrico. No obstante, tampoco es deseable experimentar cualquier pérdida o deterioro del funcionamiento del equipo o del sistema, especialmente si es crítico y debe permanecer en funcionamiento cuando sobrevienen las ondas de choque.

En el caso de los ensayos descritos en la Norma IEC 61000-4-5, la amplitud del nivel de la tensión de ensayo aplicada (clase de instalación) y la onda de choque de corriente resultante tendrán un efecto directo sobre la respuesta del equipo. Sencillamente, cuanto más alto es el nivel de la tensión de la onda de choque, mayor es la probabilidad de una pérdida o de deterioro de funcionamiento, a menos que el equipo haya sido diseñado para suministrar un nivel de inmunidad adecuado.

Para ensayar los sistemas de protección a las ondas de choque (SPD) usados en los sistemas de alimentación de baja tensión, la Norma IEC 61643-1, clase de ensayo III, especifica un generador de ondas combinadas que tiene una impedancia de salida efectiva de 2Ω , que produce una forma de onda de corriente en cortocircuito de tipo $8/20 \mu s$ y una forma de onda de tensión en circuito abierto de tipo $1,2/50 \mu s$. La Norma IEC 61000-4-5 utiliza el mismo generador de ondas combinadas para el ensayo a la inmunidad de la onda de choque de los equipos y sistemas alimentados, pero con diferentes elementos de acoplamiento y también a veces una impedancia en serie adicional. El significado del nivel de ensayo de tensión (clase de instalación) de esta norma y la tensión cresta en circuito abierto U_{oc} de la Norma IEC 61643-1 son equivalentes. Esta tensión determina el valor cresta de la corriente de cortocircuito en los bornes del generador. Debido a las diferencias entre los métodos de ensayo, los resultados de ensayo pueden no ser directamente comparables.

La inmunidad a las ondas de choque de los equipos o sistemas se puede obtener gracias a los componentes o sistemas de protección (SPD) integrados, o los SPD externos. Uno de los criterios de selección más importantes para los SPD es el nivel de protección de tensión U_p definido y descrito en la Norma IEC 61643-1. Este parámetro se debería coordinar con la tensión soportada U_w de acuerdo con la Norma IEC 60664-1 y es la tensión máxima alcanzada en los bornes del SPD durante los ensayos realizados en condiciones específicas. U_p se utiliza solamente en la Norma IEC 61643-12 para la coordinación con la tensión soportada del equipo U_w . El nivel de protección de tensión a un nivel de esfuerzo comparable debería estar también por debajo del nivel de inmunidad de tensión a este esfuerzo comparable del equipo ensayado según la Norma IEC 61000-4-5 pero esto no se trata en este momento, especialmente porque las formas de onda no son siempre comparables entre las dos normas.

En general, los niveles de inmunidad a las ondas de choque de los equipos según la Norma IEC 61000-4-5 son inferiores a los niveles de soporte de aislamiento de la Norma IEC 60664-1, sin embargo se debería poner atención en cuanto a los efectos de las sobretensiones temporales según la Norma IEC 60364-4-44 sobre un SPD (o componente de protección integrado) que tiene un nivel de protección excesivamente bajo. Es posible seleccionar un SPD que proteja al equipo de un fallo, permanecerá operativo durante la actividad de las ondas de choque y soportará la mayor parte de las condiciones de sobretensiones temporales.

BIBLIOGRAFÍA

IEC 60050-311 *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Medidas e instrumentos de medida eléctricos y electrónicos. Parte 311: Términos generales relativos a las medidas. Parte 312: Términos generales relativos a las medidas eléctricas. Parte 313: Tipos de instrumentos de medida eléctricos. Parte 314: Términos específicos de acuerdo con el tipo de instrumento.*

IEC 60364 (todas las partes) *Instalaciones eléctricas en edificios.*

IEC 60664 (todas las partes) *Coordinación de aislamiento de los equipos en los sistemas (redes) de baja tensión.*

| NOTA Armonizada como serie de Normas EN 60664 (sin ninguna modificación).

IEC 61643 (todas las partes) *Componentes para dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión.*

| NOTA Armonizada como serie de Normas EN 61643 (sin ninguna modificación).

ANEXO ZA (Normativo)**OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA
CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES**

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

NOTA Cuando una norma internacional haya sido modificada por modificaciones comunes CENELEC, indicado por (mod), se aplica la EN/HD correspondiente.

Norma Internacional	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente¹⁾
IEC 60050-161	— ²⁾	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética	—	—	UNE 21302-161
IEC 60060-1	— ²⁾	Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo	HD 588.1 S1	1991 ³⁾	—
IEC 60469-1	— ²⁾	Técnicas y aparatos de pulsos. Parte 1: Términos y definiciones de pulso	—	—	—

1) Esta columna se ha introducido en el anexo original de la norma europea únicamente con carácter informativo a nivel nacional.

2) Referencia sin fecha.

3) Edición válida en la fecha de publicación.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO