

Noviembre 1998

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 16: Ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas en modo común en el rango de frecuencias de 0 Hz a 150 kHz

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-16: Testing and measurement techniques. Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure. Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-16 de febrero 1998, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-4-16:1998.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

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

ICS 33.100

Descriptor: Compatibilidad, material eléctrico, material electrónico, perturbación radioeléctrica, corriente continua, ensayo, medida.

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 16: Ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas
en modo común en el rango de frecuencias de 0 Hz a 150 kHz
(CEI 61000-4-16:1998)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4-16: Testing and measurement
techniques. Test for immunity to
conducted, common mode disturbances
in the frequency range 0 Hz to 150 kHz
(IEC 61000-4-16:1998).

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4-16: Techniques d'essai et de
mesure. Essai d'immunité aux
perturbations conduites en mode
commun dans la gamme de fréquences de
0 Hz à 150 kHz. (CEI 61000-4-16:1998).

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4-16: Prüf- und
Meßverfahren Prüfung der Störfestigkeit
gegen leitungsgeführte, asymmetrische
Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz
bis 150 kHz. (IEC 61000-4-16:1998).

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 1998-01-01. 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, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, 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

ANTECEDENTES

El texto del documento 77A/201/FDIS, futura 1ª edición de la CEI 61000-4-16, preparada por el Subcomité 77A, Fenómenos de baja frecuencia, del Comité Técnico 77, Compatibilidad electromagnética, fue sometido al voto paralelo de CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como EN 61000-4-16 el 1998-01-01.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la norma EN tiene que ser adoptada por la publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 1998-10-01
- Fecha límite de retirada de normas nacionales divergentes (dow) 1998-10-01

Los anexos designados como “normativo” forman parte de la norma.

Los anexos designados como “informativo” se dan solo para información.

En esta norma el anexo ZA es normativo y los anexos A, B y C son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de esta Norma Internacional CEI 61000-4-16:1998 fue aprobado por CENELEC como Norma Europea sin modificación alguna.

En la versión oficial, añadir en el anexo C, Bibliografía, la nota siguiente para la norma indicada:

CEI 61000-4-16

NOTA – Armonizada como EN 61000-4-16:1996 (no modificada).

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS PARA CONSULTA	8
3 GENERALIDADES	8
4 DEFINICIONES	9
5 NIVELES DE ENSAYO.....	9
5.1 Niveles de ensayo a la frecuencia fundamental	9
5.2 Niveles de ensayo en el rango de frecuencias de 15 Hz – 150 kHz.....	10
6 EQUIPO DE ENSAYO	11
6.1 Generadores de ensayo.....	11
6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo	12
6.3 Redes de acoplo/desacoplo	13
7 INSTALACIÓN DE ENSAYO	14
7.1 Conexiones de puesta a tierra	14
7.2 Equipo bajo ensayo.....	14
7.3 Generadores de ensayo.....	14
7.4 Dispositivos de desacoplo/aislamiento.....	15
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	15
8.1 Condiciones de referencia en laboratorio.....	15
8.2 Ejecución del ensayo.....	15
9 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS E INFORME DEL ENSAYO	17
FIGURAS	
1 Ejemplo de los puertos del equipo y configuración	18
2 Perfil de la tensión de ensayo	19
3 Esquema de principio de generador para los ensayos en corriente continua	19
4 Esquema de principio de generador para los ensayos a frecuencia de red.....	19
5 Esquema de red de acoplo en T para los puertos de comunicación y para otros puertos previstos para su conexión a pares fuertemente simétricos	20
6 Circuito esquemático para ensayos de tipo	21
ANEXOS	
A FUENTES DE PERTURBACIONES Y MECANISMOS DE ACOPLAMIENTO.....	22
B SELECCIÓN DE NIVELES DE ENSAYO.....	23
C BIBLIOGRAFÍA	24

INTRODUCCIÓN

Esta norma es parte de la serie CEI 61000, estructurada como sigue:

- 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 productos)
- Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
 - Técnicas de medida
 - Técnicas de ensayo
- Parte 5: Guías de instalación y de atenuación
 - Principios de instalación
 - Métodos y dispositivos de atenuación
- Parte 6: Normas genéricas
- Parte 9: Misceláneo

Algunas partes están subdivididas a su vez en secciones que serán publicadas bien como normas internacionales bien como informes técnicos.

Esta parte constituye una norma internacional que indica las exigencias en materia de inmunidad y los procedimientos de ensayo relativos a las perturbaciones conducidas en modo común, en el rango de corriente continua a 150 kHz.

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 16: Ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas en modo común en el rango de frecuencias de 0 Hz a 150 kHz

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección de la Norma CEI 61000 trata de los requisitos en materia de inmunidad y de los métodos de ensayo relativos a los equipos eléctricos y electrónicos sometidos a perturbaciones conducidas en modo común en el rango de corriente continua a 150 kHz.

El objeto de esta norma es establecer una base común y reproducible destinada al ensayo del funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos sometidos a las perturbaciones en modo común, aplicadas a las entradas de alimentación, control, señal y comunicación.

Esta norma define

- la tensión de ensayo y la forma de onda de corriente;
- los rangos de niveles de ensayo;
- el equipo de ensayo;
- el circuito de ensayo;
- los procedimientos de ensayo.

Para ciertos tipos de puertos, por ejemplo los previstos para ser utilizados con líneas fuertemente simétricas, los ensayos complementarios podrán estar definidos dentro de las especificaciones de los comités de producto.

La intención del ensayo es demostrar la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos cuando están sometidos a las perturbaciones conducidas en modo común, tales como aquellas originadas por las corrientes en las líneas de alimentación y los retornos de las corrientes de fuga en los dispositivos de puesta a tierra/masa.

Las perturbaciones producidas por redes de 400 Hz no están incluidas en el objeto y campo de aplicación de esta norma.

Las interferencias reales debidas a estos fenómenos de perturbaciones son relativamente raras, excepto en plantas industriales. Los comités de producto deberán considerar si hay justificación para aplicar esta norma a las normas de sus productos/familias de productos (véase también el capítulo 3).

Este ensayo no es relevante para los puertos de los equipos conectados a cables cortos, con una longitud inferior de 20 m.

La inmunidad a armónicos e interarmónicos, incluyendo las corrientes portadoras de línea, sobre los puertos de alimentación en corriente alterna (en modo diferencial) no está incluida en el objeto y campo de aplicación de esta norma y se trata en la CEI 61000-4-13.

La inmunidad a las perturbaciones conducidas generadas por emisores intencionados de radiofrecuencia no está incluida en el objeto y campo de aplicación de esta norma y se trata en la CEI 61000-4-6.

Algunas recomendaciones del UIT-T tales como la K17, K20 y K21 definen métodos similares para ensayar la resistencia de los materiales; sin embargo, conciernen a puertos de comunicación y tratan de la potencia inducida a la frecuencia fundamental en corriente alterna o en el sector eléctrico ferroviario.

Se sugiere a los comités de producto que tengan en cuenta, en la medida de lo posible, las recomendaciones anteriores en la preparación de sus normas de producto.

2 NORMAS PARA CONSULTA

La(s) norma(s) que a continuación se relaciona(n) contiene(n) disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación la(s) edición(es) indicada(s) estaba(n) en vigor. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las(s) norma(s) indicada(s) a continuación. Los miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

CEI 60050(161):1990 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

CEI 60068-1:1988 – *Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.*

3 GENERALIDADES

Las perturbaciones conducidas en modo común dentro del rango de frecuencias desde corriente continua a 150 kHz pueden tener influencia en la fiabilidad del funcionamiento de los equipos y sistemas instalados en las zonas residenciales o industriales y en las centrales de producción eléctrica.

Sólo aquellos puertos de un equipo bajo ensayo susceptibles de estar sometidos a las perturbaciones tratadas dentro de esta norma deberán ser considerados para la aplicación de sus requisitos.

Las perturbaciones son típicamente generadas por

- la red de distribución de energía, con su frecuencia fundamental, sus armónicos e interarmónicos significativos;
- los equipos electrónicos de potencia (tales como convertidores de potencia), que pueden inyectar perturbaciones en los conductores de masa y en las redes de puesta a tierra (vía la capacidad parásita y los filtros), o bien provocar una perturbación por inducción en los circuitos de control y señal.

Las perturbaciones a la frecuencia fundamental y sus armónicos son principalmente generados por la red de distribución de energía (corrientes de defecto y de fuga en los sistemas de puesta a tierra/masa).

Las perturbaciones en un rango de frecuencias superior al rango de los armónicos de la frecuencia fundamental (hasta 150 kHz) son principalmente generadas por los equipos electrónicos de potencia, que se encuentran a menudo en las plantas industriales y eléctricas.

El acoplo entre la fuente de las perturbaciones y los cables de alimentación, de señal, de control y de comunicación transfiere dichas perturbaciones a los puertos de acceso del equipo bajo ensayo.

Dado que los mecanismos de acoplo definidos anteriormente no pueden eliminarse completamente, es necesario que los equipos tengan la inmunidad adecuada a las perturbaciones.

Según el tipo de instalación, las perturbaciones pueden estar clasificadas como sigue:

- a) tensión/corriente a frecuencia de alimentación: corriente continua, $16^{2/3}$ Hz, 50 Hz y 60 Hz;
- b) tensión/corriente en el rango de frecuencias de 15 Hz – 150 kHz (incluyendo los armónicos de la frecuencia fundamental).

Esta norma define los procedimientos de ensayo para las dos categorías de perturbaciones. La aplicabilidad de estos ensayos debería definirse en las normas de productos.

El anexo A contiene más información sobre estos fenómenos.

4 DEFINICIONES

Para el propósito de esta parte de la CEI 61000, las siguientes definiciones se utilizan y se aplican en el campo restringido de las perturbaciones conducidas en modo común, en el rango de frecuencia de corriente continua a 150 kHz [no todas estas definiciones figuran en la norma CEI 60050(161)].

4.1 EBE: Equipo bajo ensayo.

4.2 equipo auxiliar (EA): Equipo que es necesario para instalar todas las funciones y asegurar el correcto funcionamiento (operación) del EBE durante el ensayo.

4.3 puerto: Interfase particular entre los equipos especificados y el ambiente electromagnético externo (véase figura 1).

4.4 acoplamiento: Interacción entre los circuitos, transfiriéndose energía de uno a otro circuito.

4.5 red de acoplo: Circuito eléctrico destinado a transferir energía de un circuito a otro.

4.6 red de desacoplo: Circuito eléctrico destinado a evitar que la tensión de ensayo aplicada al equipo bajo ensayo afecte a otros dispositivos, equipos o sistemas que no estén bajo ensayo.

4.7 inmunidad (a una perturbación): Aptitud de un dispositivo, de un equipo o de un sistema para funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética [VEI 161-01-20].

5 NIVELES DE ENSAYO

El rango preferencial de los niveles de ensayo, aplicable a los puertos de los equipos en función de los diferentes tipos y fuentes de perturbación, se indica en los apartados 5.1 y 5.2.

Los niveles vienen dados por los ensayos a la frecuencia fundamental (corriente continua, $16^{2/3}$ Hz, 50 Hz y 60 Hz) y en el rango de frecuencia de 15 Hz – 150 kHz.

La aplicabilidad de cada ensayo deberá definirse en la norma del producto.

La tensión de ensayo deberá aplicarse en modo común a los puertos de alimentación, control, señal y comunicación (la tensión en modo diferencial depende del desequilibrio del circuito).

En el anexo B se encuentra una guía de selección de los niveles de ensayo.

5.1 Niveles de ensayo a la frecuencia fundamental

Las tablas 1 y 2 definen los niveles de ensayo preferenciales.

Los niveles se aplican a la tensión de ensayo en corriente continua y a las frecuencias fundamentales de $16^{2/3}$ Hz, 50 Hz y 60 Hz.

Tabla 1
Niveles para perturbaciones continuas

Nivel	Tensión de ensayo a circuito abierto V (eficaz)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Especial

NOTA – x es un nivel abierto. Este nivel puede definirse en la norma del producto.

Tabla 2
Niveles para perturbaciones de corta duración

Nivel	Tensión de ensayo a circuito abierto V (eficaz)
1	10
2	30
3	100
4	300
x	Especial

NOTA – x es un nivel abierto. Este nivel puede definirse en la norma del producto.

Para perturbaciones de corta duración, la duración normal para cada perturbación aplicada será de 1 s; sin embargo, las normas de producto podrán especificar duraciones diferentes para aplicaciones específicas.

El ensayo deberá efectuarse a uno o más de los siguientes valores de frecuencia: corriente continua, $16^{2/3}$ Hz, 50 Hz o 60 Hz, de acuerdo a la frecuencia fundamental relevante en el emplazamiento del equipo (véase el anexo A); el ensayo a $16^{2/3}$ Hz sólo será aplicable cuando el equipo esté destinado a emplearse en la proximidad de los sistemas ferroviarios a esta frecuencia.

El nivel de ensayo no deberá exceder la tensión de ensayo indicada en la norma de producto.

Para la información relativa a los niveles de ensayo propuestos, véase el anexo B.

5.2 Niveles de ensayo en el rango de frecuencias 15 Hz – 150 kHz

Los niveles de ensayo preferenciales se indican en la tabla 3.

Tabla 3
Niveles de ensayo en el rango de frecuencias 15 Hz – 150 kHz

Nivel	Perfil de la tensión de ensayo (en circuito abierto) V (eficaz)			
	15 Hz–150Hz	150 Hz–1,5 kHz	1,5 kHz–15 kHz	15 kHz–150 kHz
1	1-0,1	0,1	0,1-1	1
2	3-0,3	0,3	0,3-3	3
3	10-1	1	1-10	10
4	30-3	3	3-30	30
x	x	x	x	x

NOTA – x es un nivel abierto. Este nivel puede definirse en la norma del producto.

El perfil de la tensión de ensayo en relación con la frecuencia (véase el anexo B para información) es el siguiente:

- a partir de la frecuencia de 15 Hz, el nivel disminuye hasta 150 Hz a razón de 20 dB/década;
- el nivel es constante entre 150 Hz y 1,5 kHz;
- el nivel aumenta entre 1,5 kHz y 15 kHz a razón de 20 dB/década;
- el nivel es constante entre 15 kHz y 150 kHz.

El perfil de la tensión de ensayo se representa en la figura 2.

No se define nivel de ensayo por debajo de 15 Hz, a excepción de la corriente continua, ya que los ensayos a estas frecuencias no se consideran relevantes.

6 EQUIPO DE ENSAYO

6.1 Generadores de ensayo

Las características de los generadores de ensayo para cada ensayo específico se indican en los apartados 6.1.1, 6.1.2 y 6.1.3.

Los generadores deberán tener en cuenta el evitar la emisión de perturbaciones que, inyectadas en la red de alimentación, puedan influenciar los resultados del ensayo.

La información de la impedancia de los generadores de ensayo se indica en el anexo A.

6.1.1 Características y funcionamiento del generador para ensayos en corriente continua. El generador de ensayo se compone generalmente de un bloque de alimentación en corriente continua con una salida de tensión variable y de un interruptor temporizado para los ensayos de corta duración.

Generador para perturbaciones continuas

- forma de onda: corriente continua, rizado inferior al 5%;
- rango de la tensión de salida en circuito abierto: 1 V (-10%) a 30 V (+10%);
- impedancia: 50 Ω ($\pm 10\%$).

Generador para perturbaciones de corta duración

- forma de onda: corriente continua, rizado inferior al 5%;
- rango de la tensión de salida en circuito abierto: 10 V (-10%) a 300 V (+10%);
- impedancia: 50 Ω ($\pm 10\%$);
- tiempo de subida y bajada de la tensión de salida en la puesta en marcha/paro: entre 1 y 5 μ s.

El esquema de principio del generador de ensayo se encuentra en la figura 3.

6.1.2 Características y funcionamiento de un generador para ensayos a la frecuencia fundamental: 16^{2/3} Hz, 50 Hz y 60 Hz. El generador de ensayo se compone generalmente de un transformador variable (conectado a la red principal de distribución), un transformador de aislamiento y un interruptor temporizado para los ensayos de corta duración; el interruptor deberá estar sincronizado a 0° con la forma de onda de la tensión principal.

Generador para perturbaciones continuas

- forma de onda: senoidal, distorsión armónica total inferior a 10% ;
- rango de la tensión de salida a circuito abierto (eficaz): 1 V (-10%) a 30 V (+10%);
- impedancia: 50 Ω (+10%);
- frecuencia: frecuencia fundamental seleccionada.

Generador para perturbaciones de corta duración

- forma de onda: senoidal, distorsión armónica total inferior a 10%;
- rango de la tensión de salida a circuito abierto (eficaz): 10 V (-10%) a 300 V (+10%);
- impedancia: 50 Ω (+10%);
- frecuencia: frecuencia fundamental seleccionada;
- tiempo de subida y bajada de la tensión de salida en la puesta en marcha/paro: sincronizada al paso por cero ($0^\circ + 5\%$).

El esquema de principio del generador de ensayo se encuentra en la figura 4.

6.1.3 Características y funcionamiento de un generador para ensayos en el rango de frecuencia de 15 Hz – 150 kHz. El generador de ensayo se compone generalmente de un generador de señal capaz de cubrir la banda de frecuencia apropiada. Deberá tener una capacidad de barrido automatizado de 1×10^{-2} década/s o más lento o, en el caso de un sintetizador, deberá poder programarse en pasos dependientes de la frecuencia e iguales al 10% del valor precedente de la frecuencia. Del mismo modo, deberá poder ajustarse manualmente.

Especificaciones

- forma de onda: senoidal, distorsión armónica total inferior a 1% ;
- rango de la tensión de salida en circuito abierto (eficaz): 0,1 V (-10%) a 30 V (+10%);
- impedancia: 50 Ω (+10%);
- frecuencia: 15 Hz (-10%) a 150 kHz (+10%).

6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo

Con el fin de poder comparar los resultados de diferentes generadores de ensayo, estos deberán estar calibrados o verificados para las características más importantes.

Las siguientes características deberán ser verificadas:

- forma de onda de la tensión de salida;
- impedancia del generador;
- precisión de la frecuencia;
- recisión de la tensión de salida a circuito abierto;
- tiempo de subida y bajada de la tensión de salida en la puesta en marcha/paro (cuando sea aplicable).

Las verificaciones deberán efectuarse con la ayuda de una sonda de tensión y un osciloscopio u otro instrumento equivalente de medida con un ancho de banda mínimo de 1 MHz.

La precisión del equipo de medida será mejor que $\pm 5\%$.

6.3 Redes de acoplo/desacoplo

Las redes de acoplo permiten aplicar la tensión de ensayo, en modo común, a los puertos de entrada de alimentación, de entrada/salida (señal y control) y de comunicación del equipo bajo ensayo. Las redes de desacoplo impiden la aplicación de la tensión de ensayo al equipo auxiliar necesario para efectuar la prueba.

6.3.1 Redes de acoplo

6.3.1.1 Redes de acoplo para puertos de alimentación y entradas/salidas. Para los puertos de alimentación y de entrada/salida, la red de acoplo se compone, para cada conductor, de una resistencia y un condensador en serie. Las redes de acoplo de cada conductor se conectan en paralelo para formar la red de acoplo del puerto.

La figura 6 muestra un esquema de circuito de red de acoplo; el valor del condensador es $C = 1,0 \mu\text{F}$ y el de la resistencia es $R = 100 \Omega \times n$ donde n es el número de conductores ($n \geq 2$).

Los condensadores y las resistencias para cada conductor en la red de acoplo de un puerto deberán estar equilibradas con una tolerancia del 1%.

Para el ensayo en corriente continua, los condensadores de $1,0 \mu\text{F}$ deberán cortocircuitarse.

NOTA – Para el ensayo de tensión en corriente continua en un puerto de señal, la impedancia de la red de acoplo podría ser la causa de una degradación de la señal útil.

Para los cables apantallados, la señal de ensayo se inyectará directamente al apantallamiento del cable, de forma que no será necesaria ninguna red de acoplo (véase figura 6).

6.3.1.2 Redes de acoplo para puertos de comunicación. Para los puertos de comunicación y otros accesos previstos para la conexión a pares balanceados (simples o múltiples), la red de acoplo es una red en T.

La figura 5 muestra un esquema de circuito de red en T. El valor del condensador es $C = 4,7 \mu\text{F}$, el de la resistencia es $R = 200 \Omega$ y el de la inductancia es $L = 2 \times 38 \text{ mH}$ (devanado bifilar).

Los componentes de la red en T deberán estar equilibrados con una tolerancia tal que la red en T no degrade significativamente la tasa de rechazo en modo común del equipo bajo ensayo.

NOTA – Es posible producir redes en T aptas para su utilización con una tasa de rechazo en modo común superior a 80 dB, en cuyo caso, se recomienda que la norma de producto defina un método alternativo de acoplamiento.

6.3.2 Dispositivos de desacoplo

6.3.2.1 Características generales. La función de un dispositivo de desacoplo es aislar el equipo auxiliar y/o el simulador de un puerto de un dispositivo bajo ensayo y por tanto impedir la aplicación de la tensión de ensayo al equipo auxiliar y/o simulador.

La característica más importante de un dispositivo de desacoplo es su atenuación en modo común en el rango de frecuencia de 0 Hz a 150 kHz.

Se dispone de dispositivos de aislamiento activos y pasivos; como ejemplo de dispositivos activos se incluyen amplificadores y optoacopladores, mientras que como ejemplos de dispositivos pasivos se incluyen transformadores de aislamiento y transductores.

6.3.2.2 Especificaciones. Las especificaciones de aislamiento y desacoplo, aplicables a todos los dispositivos para todos los tipos de señales funcionales, son:

- capacidad soportada de aislamiento entre entrada y salida y entre entrada/salida y tierra: 1 kV, 50/60 Hz, 1 min;
- desacoplo en modo común (atenuación) en el rango 15 Hz - 150 kHz: 60 dB.

Los dispositivos de desacoplo con capacidad soportada de aislamiento reducida podrán ser utilizados cuando se ensaye con niveles inferiores a nivel 4.

El rechazo en modo común del dispositivo de desacoplo deberá ser lo mayor posible para minimizar la degradación de la relación de rechazo en modo común del puerto del equipo bajo ensayo.

Para ciertos dispositivos complejos, tales como cajas de alimentación compuestas de un transformador de aislamiento y de un convertidor a corriente alterna a corriente continua, se aplican igualmente las exigencias de este apartado.

Para líneas balanceadas, la red en T descrita en 6.3.1.2 proporcionan un desacoplo efectivo en el rango de frecuencias de 10 kHz a 150 kHz. Por debajo de 10 kHz, se requiere aún un dispositivo de desacoplo.

7 INSTALACIÓN DE ENSAYO

Las especificaciones de la instalación de ensayo vienen dadas por:

- las conexiones de puesta a tierra;
- el equipo bajo ensayo;
- el generador de ensayo;
- la red de acoplo y desacoplo (dispositivos de desacoplo/aislamiento).

7.1 Conexiones de puesta a tierra

Las requisitos de puesta a tierra de seguridad del equipo bajo ensayo, de los equipos auxiliares y del equipo de ensayo deberán cumplirse en todo momento.

Los equipos bajo ensayo deberán estar conectados al sistema de puesta a tierra en concordancia con las especificaciones del fabricante. El generador de ensayo, las redes de acoplo y los dispositivos de desacoplo deberán conectarse al plano de referencia de masa (PRM) o a una borna de tierra común. La conexión del PRM a tierra o al terminal común de tierra tendrá una longitud inferior a 1 m.

7.2 Equipo bajo ensayo

El equipo bajo ensayo estará dispuesto y conectado conforme a las especificaciones de instalación de los equipos.

Los puertos de alimentación, de entrada/salida y de comunicación deberán conectarse a las fuentes de alimentación, control y señal mediante dispositivos de desacoplo/aislamiento (véase 6.3.2).

Las señales de operación destinadas a hacer funcionar el equipo bajo ensayo pueden provenir del equipo auxiliar o de un simulador.

Deberán utilizarse los cables especificados por el fabricante del equipo; en ausencia de especificaciones, se emplearán cables no apantallados del tipo apropiado para las señales utilizadas.

La longitud de los cables no es relevante para este ensayo, a excepción del caso de cables apantallados (véase 8.2). Para los cables apantallados, cuando el fabricante especifique una longitud máxima de cable, se empleará esta distancia; en todos los demás casos, se empleará un cable de 20 m.

7.3 Generadores de ensayo

El generador de ensayo deberá estar conectado a la red de acoplo o resistencia de acoplo, como se especifica en el capítulo 8.

7.4 Dispositivos de desacoplo/aislamiento

Los dispositivos de desacoplo/aislamiento deberán conectarse entre todos los puertos a ensayar del equipo bajo ensayo y la correspondiente fuente de alimentación o de señal.

Los dispositivos de desacoplo/aislamiento dedicados no son requeridos si el equipo auxiliar o las fuentes de potencia están aisladas.

NOTA – Es conveniente que los dispositivos de desacoplo/aislamiento se sitúen junto a los cables cerca del puerto del equipo auxiliar, de forma que se puedan emplear los conectores suministrados con los cables sin necesidad de cortarlos.

En el caso de cables apantallados (por ejemplo, cables coaxiales), el generador deberá estar conectado directamente a las pantallas (no siendo necesarias las resistencias o condensadores en serie adicionales).

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo comprende

- la verificación preliminar del buen funcionamiento del equipo;
- la ejecución del ensayo.

8.1 Condiciones de referencia en laboratorio

Con el fin de minimizar el impacto de los parámetros ambientales en los resultados del ensayo, los ensayos se llevarán a cabo en condiciones de referencia climáticas y electromagnéticas según se especifica en 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas. Los ensayos deberán realizarse en las condiciones climáticas normalizadas, conforme a la Norma CEI 60068-1:

- temperatura ambiente: de 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa: de 25 % a 75 %;
- presión atmosférica: de 86 kPa (860 mbar) a 106 kPa (1 060 mbar).

NOTA – Todos los otros valores se indican en la especificación del producto.

El equipo bajo ensayo deberá funcionar en sus condiciones climáticas pretendidas de uso.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas. Las condiciones electromagnéticas del laboratorio no deberán influir en los resultados del ensayo.

8.2 Ejecución del ensayo

El equipo bajo ensayo deberá configurarse para sus condiciones normales de funcionamiento.

Los ensayos deberán ejecutarse de acuerdo a un plan de pruebas que deberá especificar

- el tipo de ensayo;
- el nivel de ensayo;
- la duración del ensayo;
- los puertos a ensayar del equipo bajo ensayo;
- las condiciones de funcionamiento representativas del equipo bajo ensayo;
- el equipo auxiliar.

La alimentación, señales y otras magnitudes eléctricas funcionales deberán aplicarse dentro de los límites asignados. Si las fuentes reales de señal de operación no estuvieran disponibles, podrán simularse.

Las principales etapas del procedimiento de ensayo son las siguientes:

- verificación preliminar del funcionamiento del equipo;
- conexión de las redes de acoplo y de los dispositivos de desacoplo a los puertos a ensayar del equipo bajo ensayo;
- verificación operacional del funcionamiento de las señales de entrada, cuando sea necesario;
- aplicación de la tensión de ensayo.

La configuración del ensayo puede afectar las condiciones de funcionamiento de los puertos de entrada/salida del equipo bajo ensayo. Estas nuevas condiciones deberán considerarse como referencia en la evaluación de la influencia de la tensión de ensayo.

La tensión de ensayo deberá aplicarse por un período de una duración suficiente que permita efectuar al menos una verificación completa del funcionamiento operativo del equipo bajo ensayo. Para los ensayos de corta duración (típicamente de 1 s), la tensión de ensayo deberá aplicarse repetidamente hasta que este criterio se haya cumplido.

El ensayo en el rango de frecuencias de 15 Hz - 150 kHz empieza en 15 Hz; la velocidad de barrido no debe exceder 1×10^{-2} década/s. Cuando el barrido de la frecuencia sea incremental, la magnitud del incremento no debe pasar el 10% del valor de arranque y después el 10% del valor precedente de la frecuencia.

El funcionamiento del equipo bajo ensayo debe ser continuamente supervisado, siendo mencionada cualquier degradación en el informe de la prueba.

El generador de ensayo se conectará a cada puerto uno tras otro. Los puertos no empleados en el ensayo deberán tener las bornas de entrada de la red de acoplo conectadas a tierra (véase figura 6).

Si el aparato tiene un gran número de puertos similares, se seleccionará un número suficiente de ellos para cubrir todos los diferentes tipos de terminales.

NOTA – Se recomienda efectuar un examen preliminar aplicando la tensión de ensayo al puerto de tierra del equipo bajo ensayo en la instalación completa descrita para los ensayos de tipo. Las condiciones de susceptibilidad, si las hubiera, serán examinadas puerto por puerto.

Los puertos conectados a cables no apantallados deberán ensayarse aplicando la tensión de ensayo directamente a las bornas del puerto.

En el caso de líneas apantalladas (por ejemplo, cables coaxiales), la salida del generador deberá estar conectada directamente a la pantalla (no requiriéndose resistencias y condensadores serie adicionales).

En lo que concierne a puertos con más de dos bornas (por ejemplo agrupamientos), la tensión de ensayo deberá aplicarse simultáneamente entre todas las bornas del puerto y tierra (modo común).

Para los puertos destinados a estar conectados a líneas balanceadas, la tensión de ensayo deberá aplicarse utilizando la red en T descrita en el apartado 6.3.1.2.

Durante el ensayo de tensión continua, la polaridad de la tensión de ensayo deberá invertirse.

Un esquema general relativo a la aplicación de la tensión de ensayo se muestra en la figura 6.

La tensión de ensayo deberá aplicarse en modo común a los puertos siguientes:

- alimentación;
- entrada y salida;
- comunicación.

El funcionamiento del equipo bajo ensayo deberá verificarse conforme a las exigencias del plan de pruebas.

El ensayo podrá producir situaciones peligrosas debidas a las tensiones de ensayo empleadas o a las corrientes de fuga a tierra: son esenciales las precauciones de seguridad adecuadas para evitar riesgos en los operadores.

9 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS E INFORME DEL ENSAYO

Este capítulo es la guía para la evaluación de los resultados del ensayo y para el informe del ensayo referente a esta parte de la CEI 61000.

La variedad y diversidad de los equipos y sistemas a ensayar hacen difícil el establecimiento de los efectos de este ensayo en los equipos y sistemas.

Los resultados del ensayo deberán estar clasificados en base a las condiciones operativas y a las especificaciones funcionales del equipo bajo ensayo, como sigue, a menos que los comités de producto o especificaciones de producto indiquen especificaciones diferentes:

- a) comportamiento normal dentro de los límites de la especificación;
- b) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que sea autorrecuperable;
- c) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que necesite la intervención del operador o el arranque del sistema;
- d) degradación o pérdida de función no recuperable debido a una avería del equipo (componente) o software o pérdida de datos.

La aplicación del ensayo definida en esta parte de la CEI 61000 no deberá convertir el equipo en peligroso o inseguro.

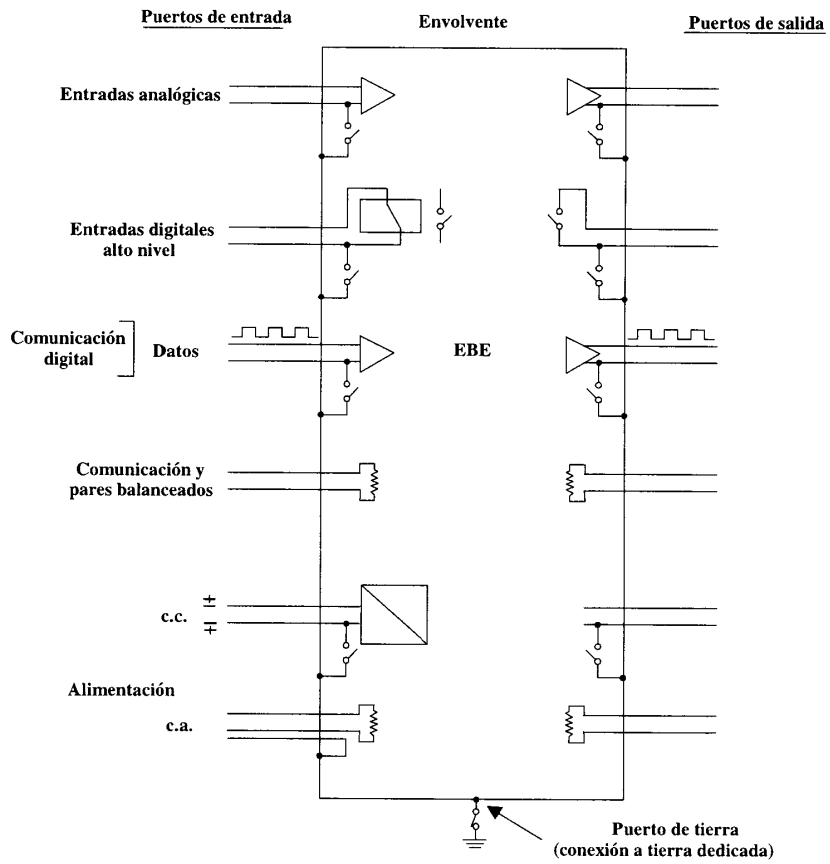
En el caso de ensayos de recepción, el programa de ensayos y la interpretación de los resultados deberán estar descritos en la norma del producto específico.

En general, el resultado es positivo si el material muestra su inmunidad durante todo el período de aplicación del ensayo, y, al final del mismo, cumple con los requerimientos funcionales establecidos en la especificación técnica.

La especificación técnica podrá definir los efectos en el equipo bajo ensayo que puedan considerarse insignificantes y por tanto aceptables.

En estas condiciones deberá verificarse que el equipo es capaz de recuperar sus capacidades operativas por sí mismo al final del ensayo, debiéndose registrar el intervalo de tiempo durante el cual el equipo pierde sus capacidades funcionales. Estas verificaciones son obligatorias para la evaluación definitiva de los resultados del ensayo.

El informe del ensayo incluirá las condiciones del ensayo y los resultados del ensayo.



NOTA – La posición de los interruptores es función de la posible configuración de los puertos: salida única, aislado, etc.

Fig. 1 – Ejemplo de los puertos del equipo y configuración

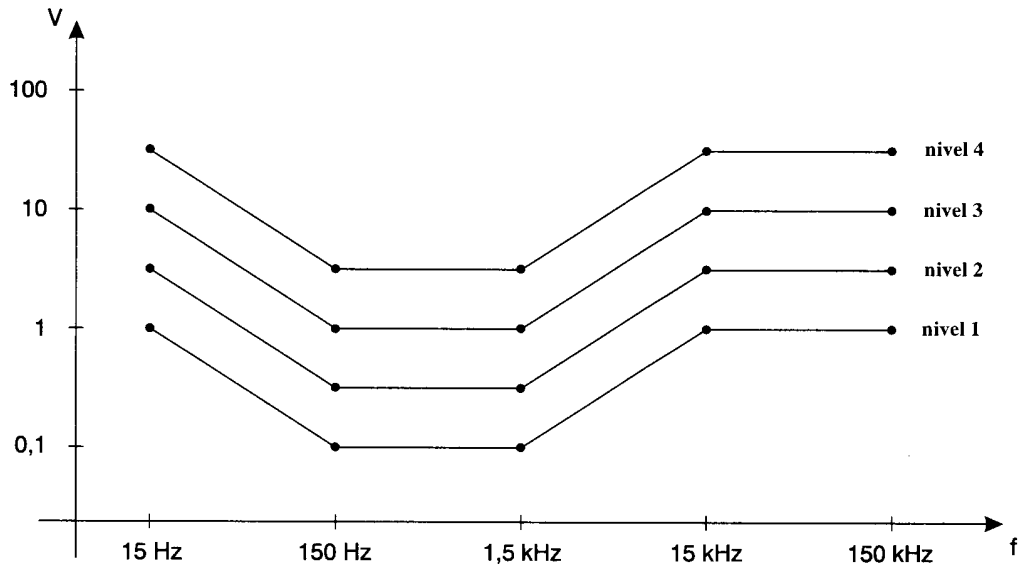
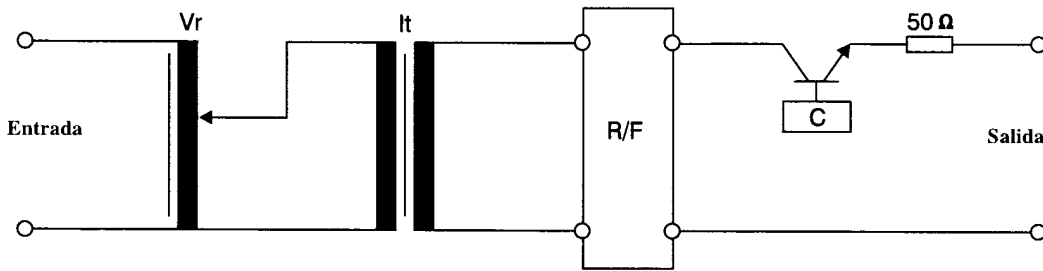
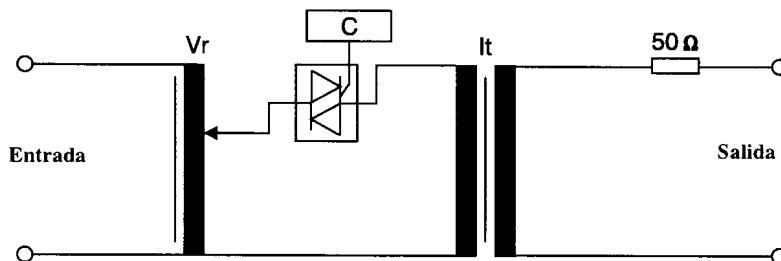


Fig. 2 – Perfil de la tensión de ensayo



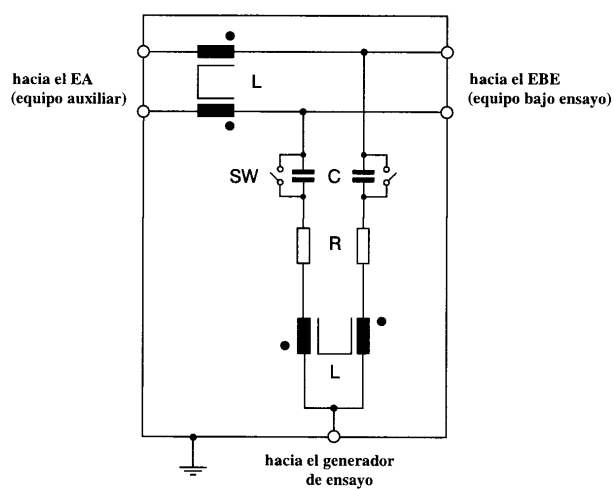
Vr: regulación de tensión
 It: transformador de aislamiento
 R/F: rectificación/filtrado
 C: circuito de control

Fig. 3 – Esquema de principio de generador para los ensayos en corriente continua



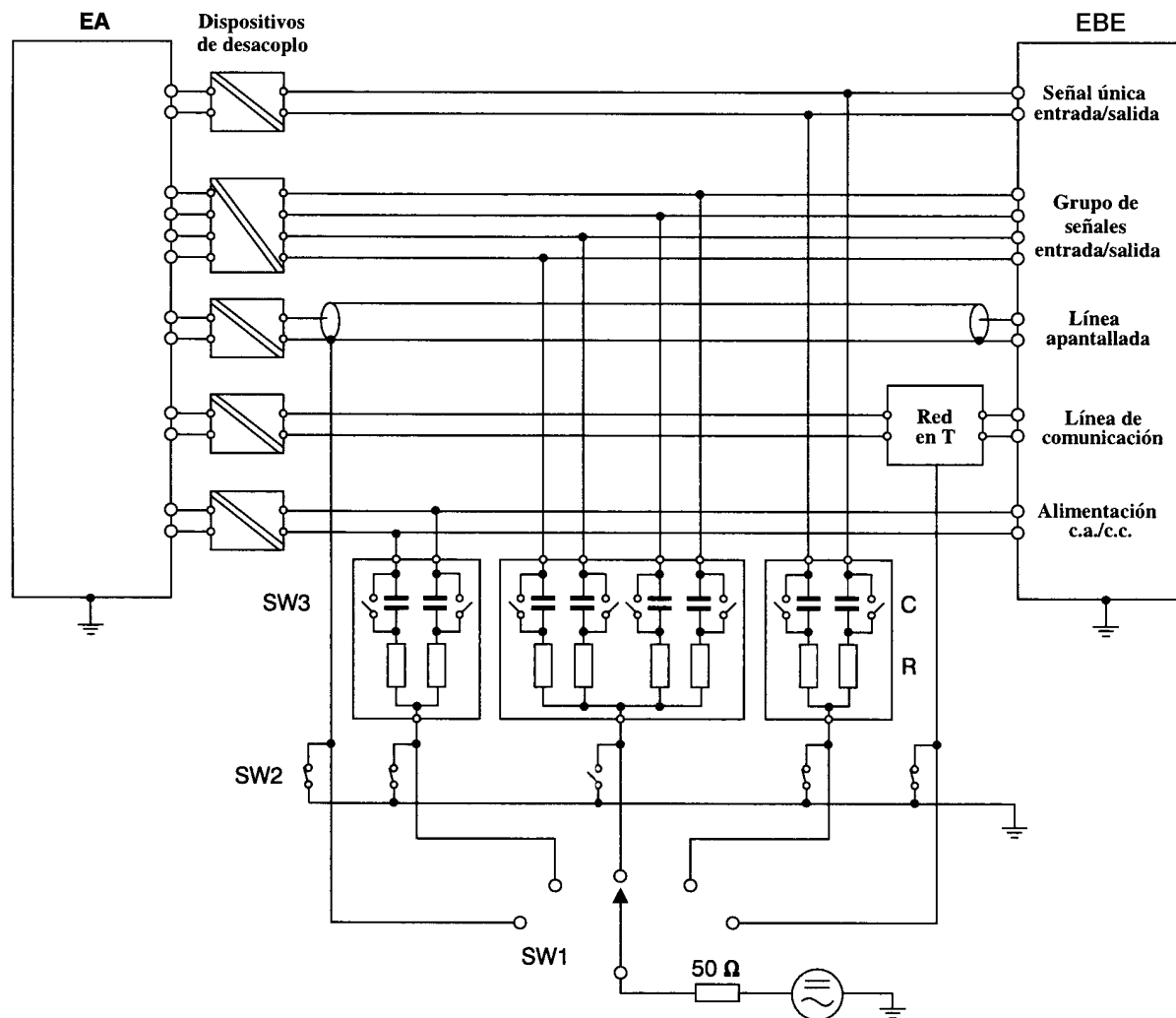
Vr: regulación de tensión
 C: circuito de control
 It: transformador de aislamiento

Fig. 4 – Esquema de principio de generador para los ensayos a frecuencia de red ($16^{2/3}$ Hz, 50 Hz y 60 Hz)



- R: 200 Ω
C: 4,7 μF , a ser cortocircuitado para ensayos en corriente continua (SW)
L: 2 x 38 mH (devanado bifilar)

Fig. 5 – Esquema de red de acoplo en T para los puertos de comunicación y para otros puertos previstos para su conexión a pares fuertemente simétricos



C: 1,0 μ F, a ser cortocircuitado para ensayos en corriente continua (SW3)
 R: 100 Ω x n conductores que pertenecen al puerto involucrado
 Ejemplo para n = 4: R = 400 Ω

NOTA – El interruptor SW2 se emplea para conectar todos los terminales de entrada a tierra, excepto los ensayados (véase 8.2).

Fig. 6 – Circuito esquemático para ensayos de tipo

ANEXO A (Informativo)

FUENTES DE PERTURBACIONES Y MECANISMOS DE ACOPLAMIENTO

A.1 Fuentes de perturbaciones

Las perturbaciones conducidas en modo común a la frecuencia de red y a frecuencias armónicas pueden estar generadas por los defectos en la red de distribución de energía y por las corrientes de fuga en la red de tierra.

La red de alimentación en corriente continua en las instalaciones industriales, eléctricas y en los centros de telecomunicación, puede también generar perturbaciones en modo común en corriente continua, particularmente cuando la borna del positivo o la del negativo están conectadas a tierra.

Las líneas eléctricas del ferrocarril pueden también generar perturbaciones en su frecuencia de operación (típicamente $16^{2/3}$ Hz).

Las perturbaciones inducidas se describen en detalle en la norma CEI 61000-2-3 y CEI 61000-2-5. Los diferentes tipos de perturbaciones pueden estar todos presentes simultáneamente, mas a diferente nivel. Es más, si se desarrolla una falta en el sistema de potencia, los niveles de perturbación pueden ser hasta 10 veces superiores a los valores de referencia en condiciones normales de funcionamiento; sin embargo, las perturbaciones en condiciones de falta están típicamente presentes un corto período (hasta alrededor de 1 s).

Las perturbaciones a la frecuencia de la red y los armónicos pueden afectar los puertos de señal de los equipos cuyo rechazo en modo común es insuficiente.

Las perturbaciones hasta 1 – 2 kHz son debidas a armónicos de la frecuencia principal.

A más altas frecuencias, las perturbaciones son generalmente debidas a los equipos electrónicos de potencia, que pueden producir corrientes de corte en la red de tierra, dando lugar a perturbaciones conducidas en modo común.

A.2 Mecanismos de acoplamiento

Los mecanismos de acoplamiento considerados en este capítulo incluyen los acoplamientos capacitivos, inductivos y resistivos. Los detalles de los diferentes mecanismos de acoplamiento se encuentran disponibles en la CEI 61000-2-3. El acoplamiento capacitivo no es relevante donde las líneas de señal tienen una referencia a tierra; por ejemplo, un extremo a tierra o por la presencia de filtros capacitivos.

El acoplamiento inductivo, debido a campos magnéticos generados por la fuente de perturbaciones (por ejemplo, línea de alimentación, circuitos de tierra), produce a menudo perturbaciones significativas en cables de señal.

El acoplamiento resistivo (o por impedancia común) puede afectar directamente a las líneas de señal, como en el caso de un generador de señal puesto a tierra, o puede inyectar corriente en la pantalla de un cable de señal. Este tipo de acoplamiento puede aparecer como el más relevante y algunas veces puede presentarse incluso como efecto del acoplamiento capacitivo e inductivo.

La impedancia equivalente de los mecanismos de acoplamiento puede tener un amplio rango de valores, dependiendo de la posición de la víctima y la fuente.

En el peor de los casos de acoplamiento por impedancia común, la impedancia de acoplamiento equivalente puede tener valores en el orden de algunos ohmios. En otros casos la impedancia puede presentar valores más altos en varios órdenes de magnitud, como en el caso de líneas balanceadas sujetas a acoplamiento capacitivo.

La experiencia en laboratorio ha demostrado que los ensayos de inmunidad en los diferentes puertos del equipo pueden ser realizados eficazmente con una sola fuente de impedancia representativa de un valor de 150 Ω . Este valor puede también representar la impedancia característica en modo común de una línea de potencia o de señal de campo, y está de acuerdo con la aproximación adoptada por otras normas básicas en la serie 61000-4.

ANEXO B (Informativo)

SELECCIÓN DE NIVELES DE ENSAYO

Esta norma describe diferentes ensayos. La aplicabilidad de cada ensayo, el nivel de ensayo y los criterios de aceptación relacionados deberán definirse en las normas de producto.

Los niveles de ensayo deberán seleccionarse de acuerdo con las condiciones de instalación y ambientales más realistas.

Una guía para la aplicabilidad de los ensayos y la selección de los niveles para diferentes instalaciones se dan en la CEI 61000-2-5. Esta última da el rango de los niveles de perturbación en diferentes emplazamientos.

Basados en prácticas comunes de instalación, las siguientes reglas prácticas podrán emplearse para clasificar el ambiente:

Nivel 1: Ambiente bien protegido

La instalación se caracteriza por los atributos siguientes:

- separación de la red de alimentación interna y la red principal, por ejemplo mediante un transformador de aislamiento dedicado;
- equipo electrónico puesto a tierra por un colector de tierra dedicado, conectado al sistema de puesta a tierra (red de tierra) de la instalación.

Una sala de ordenadores puede ser representativa de este ambiente.

Nivel 2: Ambiente protegido

La instalación se caracteriza por los atributos siguientes:

- conexión directa a la red de alimentación de baja tensión;
- equipo electrónico puesto a tierra por la red de puesta a tierra de la instalación.

Una sala de control o sala de terminales situada en un edificio dedicado en plantas industriales o centrales de producción pueden ser representativas de este ambiente.

Nivel 3: Ambiente industrial tipo

La instalación se caracteriza por los atributos siguientes:

- conexión directa a la red de alimentación de baja tensión o media tensión;
- equipo electrónico puesto a tierra por la red de puesta a tierra de la instalación (red de tierra);
- utilización de convertidores de potencia inyectando corrientes parásitas en la red de tierra.

Las instalaciones industriales y centrales de producción pueden ser representativas de este ambiente.

Nivel 4: Ambiente industrial severo

La instalación se caracteriza por los atributos siguientes:

- conexión directa a la red de alimentación de baja tensión o media tensión;
- equipo electrónico puesto a tierra por la red de puesta a tierra de la instalación (red de tierra) común con equipos y sistemas de alta tensión;
- utilización de convertidores de potencia inyectando corrientes parásitas en la red de tierra.

Las centrales de producción, subestaciones de alta tensión blindadas y de intemperie pueden ser representativas de este ambiente.

Nivel 5: Situaciones especiales a analizar

Las condiciones de las instalaciones especiales podrán ser analizadas o investigadas, y consecuentemente podrán definirse requisitos de inmunidad mayores o menores que los especificados para las diferentes clases.

ANEXO C (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CEI 60381-2:1978, Señales analógicas para sistemas de control de procesos. Parte 2: Señales de tensión continua.
- [2] CEI 61000-2-3:1992, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Ambiente. Sección 3: Descripción del ambiente. Fenómenos radiados y fenómenos conducidos a frecuencias diferentes a la de la red.
- [3] CEI 61000-2-5:1995, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Ambiente. Sección 5: Clasificación de los ambientes electromagnéticos. Publicación básica en CEM.
- [4] CEI 61000-4-6:1996, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas inducidas por los campos en radiofrecuencia.
- [5] CEI 61000-4-13, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 13: Ensayo de inmunidad a los armónicos e interarmónicos en la alimentación en corriente alterna. Publicación básica en CEM.¹⁾
- [6] UIT-T K17:1988, Ensayos en repetidores telealimentados con componentes en estado sólido para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores.
- [7] UIT-T K20:1996, Resistencia de los equipos de conmutación de telecomunicaciones a sobretensiones y sobrecorrientes.
- [8] UIT-T K21:1996, Inmunidad de los terminales de los abonados a las sobretensiones y sobreintensidades.

1) De próxima publicación.

ANEXO ZA (Normativo)

**NORMAS PARA CONSULTA DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES
CON SUS PUBLICACIONES EUROPEAS CORRESPONDIENTES**

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Las revisiones o modificaciones posteriores de cualquiera de las publicaciones referenciadas con fecha, sólo se aplican a esta norma europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa publicación (incluyendo sus modificaciones).

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

Norma CEI	Año	Título	EN/HD	Año	Norma UNE correspondiente¹⁾
CEI 60050(161)	1990	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética	–	–	UNE 21302-161
CEI 60068-1	1988	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía	EN 60068-1 ²⁾	1994	UNE-EN 60068-1

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

2) EN 60068-1:1988 incluye el corrigendum de octubre de 1988 y A1:1992 a CEI 60068-1.

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