

ICS 29.020; 33.100

Septiembre 1996

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 9: Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos impulsionales

Norma básica de CEM

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 9: Pulse magnetic field immunity test. Basic EMC Publication.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4: Techniques d'essai et de mesure. Section 9: Essai d'immunité au champ magnétique impulsional. Publication fondamentale en CEM.

CORRESPONDENCIA

Esta norma UNE es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-9 de fecha septiembre de 1993, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 1000-4-9:1993.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta Norma Española ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 20-21 *Electrotécnico* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 32962:1996

©AENOR 1996
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Fernández de la Hoz, 52
28010 MADRID-España

Teléfono (91) 432 60 00
Telefax (91) 310 36 95

32 Páginas

Grupo 20

CDU 621.37.001.365

Descriptores: Compatibilidad electromagnética, perturbación radioeléctrica, ensayo, técnica de medida, campo electromagnético.

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 9: Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos impulsionales
Norma básica de CEM
(CEI 1000-4-9:1993)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4: Testing and measurement
techniques. Section 9: Pulse magnetic
field immunity test. Basic EMC
Publication. (IEC 1000-4-9:1993).

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4: Techniques d'essai et de
mesure. Section 9: Essai d'immunité au
champ magnétique impulsionnel.
Publication fondamentale en CEM.
(CEI 1000-4-9:1993).

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4: Prüf- und
Meßverfahren. Hauptabschnitt 9:
Prüfung der Störfestigkeit gegen
impulsförmige Magnetfelder EMV-
Grundnorm. (IEC 1000-4-9:1993).

Esta Norma Europea ha sido aprobada por CENELEC el 1992-06-16. 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 los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, 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

©1993 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES	7
DECLARACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	8
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	8
2 NORMAS PARA CONSULTA	9
3 GENERALIDADES	9
4 DEFINICIONES	9
4.1 ESE	10
4.2 Bobina de inducción	10
4.3 Factor de la bobina de inducción	10
4.4 Método por inmersión	10
4.5 Método de proximidad	10
4.6 Plano de tierra (de referencia) (PT)	10
4.7 Red de desacoplamiento, filtro antirretorno	10
4.8 Transitorio	10
5 NIVELES DE ENSAYO	10
6 EQUIPO DE ENSAYO	11
6.1 Generador de ensayo	11
6.2 Bobina de inducción	12
6.3 Instrumentación del ensayo e instrumentación auxiliar	14
7 INSTALACIÓN DE ENSAYO	14
7.1 Plano de tierra (de referencia) (PT)	15
7.2 Equipo sometido a ensayo	15
7.3 Generador de ensayo	15
7.4 Bobina de inducción	16
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	16
8.1 Condiciones de referencia del laboratorio	16
8.2 Realización del ensayo	16
9 RESULTADOS E INFORME DEL ENSAYO	17

	Página
ANEXO A – MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN . . .	22
ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN	23
ANEXO C – SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO	29
ANEXO D – INFORMACIÓN SOBRE LA INTENSIDAD DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS	31
ANEXO ZA – OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA, CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES	32
 FIGURAS	
1 – Ejemplo de aplicación del campo por el método por inmersión	19
2 – Forma de onda de la corriente producida por el generador de ensayo para el campo magnético impulsional (6,4/16 µs)	19
3 – Esquema del generador de ensayo que produce el campo magnético oscilatorio amortiguado	19
4 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo de sobremesa	20
5 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo	20
6 – Ejemplo de investigación de la susceptibilidad a los campos magnéticos por el método de proximidad	21
7 – Representación de las bobinas de Helmholtz	21
B.1 – Características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano	25
B.2 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano	25
B.3 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)	26
B.4 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,6 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)	26
B.5 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,8 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)	27

	Página
B.6 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano	27
B.7 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano (considerando el plano de tierra como un lado de la bobina)	28
B.8 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m), con plano de tierra, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)	28

ANTECEDENTES

El texto del documento 77(BC)8, preparado por el Subcomité 77B *Fenómenos de alta frecuencia*, del Comité Técnico de CEI 77 Compatibilidad electromagnética, fue sometido al voto paralelo de CEI-CENELEC en septiembre de 1991.

El documento de referencia fue aprobado por CENELEC como 0EN 61000-4-9 el 16 de junio de 1992.

Se fijaron las siguientes fechas:

- | | | |
|--|-------|------------|
| – Fecha límite de publicación de una norma nacional idéntica | (dop) | 1994-06-01 |
| – Fecha límite de retirada de normas nacionales divergentes | (dow) | 1994-06-01 |

Los anexos denominados "normativos" forman parte del cuerpo de la norma.

Los anexos denominados "informativos" se dan sólo para información.

En esta norma, los anexos A, B y ZA son normativos y los anexos C, y D son informativos.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 1000-4-9:1993 fue aprobado por CENELEC como Norma Europea sin ninguna modificación.

INTRODUCCIÓN

Esta Norma forma parte de la serie de Normas Internacionales CEI 1000, de acuerdo con la estructura siguiente:

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 corresponden a la responsabilidad de los comités de producto).

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

Técnicas de medida. Técnicas de ensayo.

Parte 5: Guías de instalación y de atenuación.

Guías de instalación. Métodos y dispositivos de atenuación.

Parte 9: Varios.

Cada parte está a su vez subdividida en secciones que serán publicadas como Normas Internacionales o como Informes Técnicos.

Estas Normas e Informes serán publicadas en orden cronológico y numeradas consecuentemente.

Esta sección es una Norma Internacional que da requisitos de inmunidad y procedimientos de ensayo relativos al "campo magnético impulsional".

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Internacional trata de los requisitos de inmunidad de los equipos, solamente en condiciones de funcionamiento, frente a las perturbaciones magnéticas impulsionales relativas principalmente a:

- instalaciones industriales y centrales eléctricas;
- subestaciones de media y alta tensión.

Las condiciones de aplicación de esta norma a los equipos instalados en diferentes circunstancias están determinadas por la presencia del fenómeno tal como se especifica en el capítulo 3.

Esta norma no considera las perturbaciones debidas a los acoplamientos capacitivo o inductivo entre cables y otras partes de la instalación.

Existen otras normas CEI sobre perturbaciones conducidas que cubren estos aspectos.

Esta norma tiene por objeto establecer una base común y reproducible para evaluar el comportamiento de los equipos eléctricos y electrónicos de uso doméstico, comercial o industrial, cuando se hallan sometidos a campos magnéticos impulsionales.

La norma define los siguientes elementos:

- los niveles de ensayo recomendados;
- los equipos de ensayo;
- la instalación de ensayo;
- el procedimiento de ensayo.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta Norma Internacional. En el momento de la publicación las ediciones indicadas estaban 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 normas indicadas a continuación. Los miembros de CEI e ISO poseen el registro de Normas Internacionales en vigor en cada momento.

CEI 60-2:1973 – *Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 2: Procedimientos de ensayo.*

CEI 68-1:1988 – *Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.*

CEI 469-1:1987 – *Técnicas de impulsos y aparatos. Parte 1: Terminos y definiciones relativos a los impulsos.*

3 GENERALIDADES

El campo magnético al que se encuentra sometido el equipo puede afectar su buen funcionamiento así como el de los sistemas en los que esté integrado.

Los ensayos siguientes tienen por objeto comprobar la inmunidad del equipo cuando es sometido a los campos magnéticos impulsionales, aplicados en el emplazamiento y condiciones de instalación que se especifican (por ejemplo, proximidad del equipo a la fuente perturbadora).

Los campos magnéticos impulsionales son generados por la caída del rayo en edificios o en toda estructura metálica como torres de antenas, cables o redes de tierra, así como por la producción de corrientes transitorias producidas por averías en sistemas eléctricos de baja, media y alta tensión.

En las subestaciones de alta tensión, los campos magnéticos impulsionales pueden ser igualmente producidos por conmutación de las barras de alta tensión o de las líneas por interruptores automáticos.

Este ensayo se aplica principalmente a los equipos electrónicos destinados a las centrales eléctricas y a los centros de telecontrol. No es aplicable a los equipos de las redes de distribución.

Los comités de productos pueden considerar otras aplicaciones.

La forma de onda del campo de ensayo es la del impulso de corriente normalizado de 6,4/16 μ s.

NOTA – La forma de onda de 6,4/16 μ s según la norma CEI 469-1 corresponde a la de 8/20 μ s de la Norma CEI 60-2.

4 DEFINICIONES

En esta norma se utilizan los siguientes términos y definiciones, relativos únicamente al campo de las perturbaciones magnéticas; no todos se incluyen en el VEI (50) 161.

4.1 ESE: Equipo sometido a ensayo

4.2 bobina de inducción: Arrollamiento conductor de forma y dimensiones definidas, a través del cual fluye una corriente capaz de generar un campo magnético de un nivel constante definido en su plano y en todo el volumen que lo contiene

4.3 factor de la bobina de inducción: Relación entre la intensidad del campo magnético generado por una bobina de inducción de dimensiones dadas y el valor de la intensidad correspondiente; el campo se mide en el centro del plano de la bobina sin el ESE.

4.4 método por inmersión: Método de aplicación al ESE del campo magnético, el cual es colocado en el centro de la bobina de inducción (figura 1).

4.5 método de proximidad: Método de aplicación al ESE del campo magnético en el que una pequeña bobina de inducción se mueve a lo largo de un lado del ESE con el fin de detectar áreas particularmente sensibles.

4.6 plano de tierra (de referencia) (PT): Una superficie lisa y conductora cuyo potencial se usa como referencia común para el generador de campo magnético y para los equipos auxiliares, el plano de referencia puede usarse para cerrar el arrollamiento de la bobina de inducción, según la figura 5). (VEI 161-04-36, modificado).

4.7 red de desacoplamiento, filtro antirretorno: Circuito eléctrico destinado a evitar la influencia recíproca con otros equipos no sometidos al campo magnético ensayado.

4.8 transitorio: Se dice de un fenómeno o de una magnitud que varía entre dos regímenes estables consecutivos en un intervalo de tiempo relativamente corto comparado en la escala de tiempo considerada (VEI 161-02-01).

5 NIVELES DE ENSAYO

En la tabla 1 se indica el rango preferente de los niveles de ensayo.

La intensidad del campo magnético se expresa en A/m; 1 A/m corresponde a una inducción en el espacio libre de 1,26 μ T.

Tabla 1
Niveles de ensayo

Nivel	Intensidad del campo magnético oscilatorio amortiguado A/m (valor de cresta)
1	n.a. ²⁾
2	n.a. ²⁾
3	10
4	30
5	100
x ¹⁾	especial

NOTAS

- "x" es un nivel abierto. Este nivel, así como la duración de este ensayo, puede venir dado en las especificaciones del producto.
- "n.a." = no aplicable.

La información relativa a la selección del nivel de ensayo se indica en el anexo C.

La información sobre los niveles reales viene dada en el anexo D.

6 EQUIPO DE ENSAYO

El campo magnético de ensayo se obtiene mediante la circulación de una corriente en una bobina de inducción. El campo se aplica al ESE por el método por inmersión.

En la figura 1 aparece un ejemplo del método.

El equipo de ensayo consiste en la fuente de corriente (generador de ensayo), la bobina de inducción y la instrumentación auxiliar para el ensayo.

6.1 Generador de ensayo

El generador, cuya forma de onda de salida corresponde al campo magnético de ensayo, debe ser capaz de suministrar la corriente requerida a las bobinas de inducción especificadas en 6.2.

En consecuencia el rango de potencia del generador debe ser dimensionada teniendo en cuenta la impedancia de las bobinas; la inductancia puede variar desde 2,5 μH para la bobina normalizada de 1 m a varios μH (por ejemplo, 6 μH) para una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m véase 6.2).

Las especificaciones del generador son:

- rango de corriente, determinado por el máximo nivel de ensayo elegido y por el máximo factor de bobina de inducción (véanse 6.2.2 y anexo A), que varía desde 0,87 m^{-1} (bobina normalizada de 1 m para ensayo de equipos de mesa o pequeños) a 0,66 m^{-1} (bobina de inducción rectangular de 1 m x 2,6 m para ensayo de equipos dispuestos sobre el suelo o de gran tamaño);
- operatividad en presencia de cortocircuitos;
- borne inferior de salida conectado al borne de tierra (para conexión a la tierra de seguridad del laboratorio);
- precauciones para evitar la emisión de perturbaciones importantes que puedan inyectarse en la red de alimentación o influir los resultados de los ensayos.

Las características y prestaciones de la fuente de corriente o del generador de ensayos, para el campo considerado en esta norma, se indican en 6.1.1

6.1.1 Características y prestaciones del generador de ensayo. El generador de ensayo es un generador de un impulso no repetitivo (un solo disparo); sus características son las siguientes:

Características

Tiempo de subida:	6,4 $\mu\text{s} \pm 30\%$
Duración:	16 $\mu\text{s} \pm 30\%$
Rango de la corriente de salida:	100 A a 1 000 A, divididos por el factor de bobina
Polaridad:	Positiva o negativa
Relación de fase con la frecuencia industrial:	Sincronizable de 0° a 360° en incrementos de 10°
Sincronización:	Controlada por una señal externa.

Se puede utilizar un generador de impulsos de corriente normalizado, por ejemplo el "generador híbrido" (forma de onda de 1,2/50 y 6,4/16 μ s).

NOTA – El rango de corriente de salida para la bobina normalizada varía de 120 A a 1 200 A (valores de cresta).

La forma de onda de la corriente de salida se representa en la figura 2.

En la figura 3 se representa el esquema del generador.

6.1.2 Verificación de las características del generador de ensayo. Para comparar los resultados obtenidos con los diferentes generadores de ensayo, es necesario verificar los parámetros de la corriente de salida.

La corriente de salida debe ser verificada con el generador conectado a la bobina de inducción normalizada especificada en 6.2.1 a); la conexión debe ser realizada con los conductores trenzados, de 3 m de longitud máxima y sección adecuada.

Debe ser verificada la emisión de perturbaciones producidas por el generador (véase 6.1).

Las características que deben ser verificadas son:

- valor de cresta de la corriente de salida;
- tiempo de subida;
- duración.

Se recomienda utilizar para el bucle de inducción un hilo conductor de 1,8 mm de diámetro (2,5 mm²); sin embargo, deben tenerse en cuenta los problemas de rigidez mecánica.

Las verificaciones deben realizarse con una pinza amperimétrica y un osciloscopio u otro instrumento de medida equivalente de una anchura de banda mínima de 10 MHz.

La precisión de las medidas debe ser de $\pm 10\%$.

6.2 Bobina de inducción

6.2.1 Características de la bobina de inducción. La bobina de inducción, conectada al generador de ensayo definido más arriba (véase 6.1.1), debe generar un campo cuya intensidad corresponda al nivel de ensayo elegido y a la precisión pedida.

La bobina de inducción debe ser de cobre, aluminio o de cualquier otro material conductor no magnético, de tal sección y disposición mecánica que se mantenga estacionario durante los ensayos.

Es deseable que los campos magnéticos considerados en esta norma sean generados por la misma bobina; ésta puede ser de una sola espira, debiendo poder soportar la corriente necesaria para el nivel de ensayos elegido.

Puede utilizarse una bobina de varias espiras con el fin de que la corriente de ensayo sea menor.

Las dimensiones de la bobina de inducción deben ser tales que ésta pueda circundar el ESE (consideradas sus tres posiciones ortogonales).

Pueden ser utilizadas bobinas de inducción de diferentes dimensiones, dependiendo del tamaño del ESE.

Se recomiendan las dimensiones indicadas más abajo para que los campos magnéticos generados comprendan todo el volumen de los ESE (equipos de mesa o equipos dispuestos sobre el suelo), con una variación aceptable de ± 3 dB.

Las características de las bobinas de inducción con relación a la distribución del campo magnético, se señalan en el anexo B.

a) *Bobina de inducción para equipos de mesa*

La bobina de inducción de dimensiones normalizadas destinada al ensayo de equipos pequeños (por ejemplo, terminales de ordenador, medidores de vatios-hora, transmisores para control de procesos, etc.), tiene forma cuadrada (o circular) de 1 m de lado (o diámetro) y constituida con un conductor de sección relativamente pequeña.

El volumen de ensayo de una bobina cuadrada normalizada es de 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m (altura).

Puede utilizarse una bobina doble de tamaño normalizado (bobina de Helmholtz) para obtener una homogeneidad del campo mejor que 3 dB, en los ensayos de ESE más grandes.

La bobina doble (bobina de Helmholtz) debe estar formada por dos o más series de espiras, adecuadamente espaciadas (véanse figura 7, figura B.4, figura B.5).

El volumen de ensayo de una bobina doble normalizada, con una separación de 0,8 m y para una homogeneidad mejor que 3 dB, es de 0,6 m x 0,6 m x 1 m (altura).

Por ejemplo, para una no homogeneidad de 0,2 dB, las bobinas de Helmholtz tienen las dimensiones y separaciones indicadas en la figura 7.

b) *Bobina de inducción para los equipos dispuestos sobre el suelo.*

Las bobinas de inducción deben construirse teniendo en cuenta las dimensiones del ESE y las diferentes polarizaciones del campo.

La bobina debe ser capaz de circundar el ESE; sus dimensiones deben ser tales que los conductores que la conforman mantengan una distancia mínima a las paredes del ESE igual a 1/3 del lado del ESE considerado.

Las bobinas deben estar construidas con conductores cuya sección sea relativamente pequeña.

NOTA – Debido a las posibles grandes dimensiones del ESE, las bobinas pueden estar construidas con secciones en "C" o en "T" para asegurar una rigidez mecánica suficiente.

El volumen de ensayo viene determinado por el área de ensayo de la bobina (60% x 60% de cada lado) multiplicado por una profundidad igual al 50% del lado más corto de la bobina.

6.2.2 Calibración de la bobina de inducción, factor de la bobina. Para hacer posible la comparación de los resultados obtenidos con los diferentes equipos de ensayo, las bobinas de inducción deben ser calibradas en sus condiciones de funcionamiento antes de comenzar los ensayos (sin el ESE, en condiciones de espacio libre).

Una bobina de inducción de dimensiones adecuadas a las del ESE, debe situarse por lo menos a 1 m de la pared del laboratorio y de cualquier material magnético, utilizando soportes aislantes y debiendo conectarla al generador de ensayo, según se indica en 6.1.2.

Deben utilizarse sensores de campo magnético apropiados cuya dinámica y respuesta de frecuencia (anchura de banda > 10 MHz) correspondan al campo magnético impulsional producido por la bobina de inducción, a fin de verificar la intensidad del mismo.

El sensor de campo debe colocarse en el centro de la bobina de inducción (sin el ESE), orientado de forma que detecte el máximo valor del campo.

Debe ser ajustada la corriente de la bobina de inducción para obtener la intensidad de campo correspondiente al nivel de ensayo.

La calibración debe ser efectuada a la frecuencia industrial: el valor de la corriente que genera una intensidad de campo dada debe ser utilizado en los ensayos de esta norma.

El procedimiento de calibración debe ser aplicado con el generador de ensayo y la bobina de inducción.

El factor de bobina se determina (y comprueba) mediante el citado procedimiento.

El factor de bobina da el valor de la corriente que hay que inyectar en la bobina para obtener el campo magnético de ensayo requerido (H/I).

En el anexo A se indican informaciones sobre la medida de los campos magnéticos.

6.3 Instrumentación del ensayo e instrumentación auxiliar

6.3.1 Instrumentación del ensayo. La instrumentación del ensayo comprende:

- el sistema de medida de corriente (sensores e instrumentos) para determinar y medir la corriente inyectada en la bobina de inducción;
- las redes de terminación, filtros antirretorno, etc., para alimentación, líneas de control y señales.

Una red de terminación ofrece una impedancia de 50Ω definida en relación a la tierra de todos los circuitos externos conectados a los bornes del ESE. Puede equivaler a una red estabilizadora de impedancia de línea para los circuitos de alimentación, una red de acoplamiento/desacoplamiento o de resistencias-condensadores en serie para los circuitos de control y de señales de entrada/salida. Estas redes deben estar descritas en el programa de ensayos. Las redes de terminación, filtros antirretorno, etc., deben ser compatibles con las señales de funcionamiento.

Los filtros antirretorno deben usarse en las conexiones con el simulador (vease 6.3.2).

El sistema de medida de corriente está constituido por una sonda de corriente calibrada o shunt; la instrumentación de medida de la corriente transitoria debe tener una anchura de banda máxima de 10 MHz.

La precisión de la instrumentación de medida debe ser de $\pm 10\%$.

6.3.2 Instrumentación auxiliar. La instrumentación auxiliar comprende un simulador y cualquier otro instrumento necesario para la verificación de las características funcionales del ESE.

7 INSTALACIÓN DE ENSAYO

La instalación de ensayo comprende los elementos siguientes:

- plano de tierra (de referencia) (PT);
- equipo sometido ensayo (ESE);
- bobina de inducción;
- generador de ensayo;
- red de terminación, filtro antirretorno.

Deben ser adoptadas precauciones si el campo magnético de ensayo interfiere la instrumentación de ensayo y otros equipos sensibles próximos a la instalación.

En las figuras que se citan se dan ejemplos de instalaciones de ensayo.

Figura 4: Ejemplo de instalación de ensayo para equipo de mesa.

Figura 5: Ejemplo de instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo.

7.1 Plano de tierra (de referencia) (PT)

El plano de tierra (PT) debe estar situado en el laboratorio; el ESE y los equipos auxiliares de ensayo deben estar sobre dicho plano y conectados al mismo.

El plano de tierra debe consistir en una plancha de metal no magnético (cobre o aluminio) de 0,25 mm de espesor; pueden utilizarse otros metales pero, en este caso, el espesor mínimo deber ser de 0,65 mm.

Las dimensiones mínimas del plano de tierra deben ser 1 m x 1 m

Las medidas finales dependen del tamaño del ESE.

El plano de tierra debe estar conectado al sistema de tierra de seguridad del laboratorio.

7.2 Equipo sometido a ensayo

El equipo debe disponerse y conectarse de forma que responda a sus requisitos de funcionalidad. Debe colocarse sobre el PT del que se mantendrá separado mediante un soporte aislante de 0,1 m de espesor (de madera seca, por ejemplo).

Las cajas que contienen cada equipo deben conectarse a la tierra de seguridad directamente al PT con un cable lo más corto posible a través del borne de tierra del equipo.

La alimentación y los circuitos de entrada y salida deben conectarse a las fuentes de alimentación, de control y de señales a través de filtros antirretorno. Deben ser utilizados los cables suministrados o recomendados por el fabricante del equipo. En su defecto, deben utilizarse cables no apantallados, de características adecuadas a las señales implicadas. Todos los cables deben estar expuestos al campo magnético a lo largo de 1 m.

Los filtros antirretorno deben insertarse en los circuitos a 1 m de distancia del ESE y conectarse al plano de tierra.

Los circuitos de entrada y salida del simulador deben estar provistos de filtros antirretorno para evitar interferencias al mismo.

Las líneas de comunicación (líneas de datos) deben conectarse al ESE con los cables previstos para esta aplicación en la especificación técnica o norma apropiada. Cada línea próxima al ESE debe mantenerse a una distancia de 0,1 m del plano de tierra (PT).

7.3 Generador de ensayo

El generador de ensayo debe colocarse a menos de 3 m de la bobina de inducción.

Debe conectarse un borne del generador al plano de tierra.

7.4 Bobina de inducción

La bobina de inducción, conforme a las características especificadas en 6.2.1, debe circundar al ESE colocado en su centro.

Pueden ser elegidas bobinas de inducción diferentes para realizar los ensayos en distintas direcciones ortogonales, de acuerdo con los criterios generales especificados en 6.2.1 a) y b).

Las bobinas de inducción utilizadas en posición vertical (polarización horizontal del campo) pueden ser conectadas directamente al plano de tierra, que constituye el lado inferior de la bobina y forma así parte de ella. En este caso, es suficiente una distancia mínima de 0,1 m del ESE al plano de tierra.

La bobina de inducción debe conectarse al generador de ensayo de la misma manera que en el procedimiento de calibración especificado en 6.2.2.

La bobina de inducción designada para los ensayos debe ser especificada en el programa de ensayos.

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo debe comprender:

- verificación de las condiciones de referencia del laboratorio;
- verificación previa del funcionamiento correcto del equipo;
- realización del ensayo;
- evaluación de los resultados del ensayo.

8.1 Condiciones de referencia del laboratorio

Para reducir al mínimo la influencia del entorno sobre los resultados del ensayo, ésta debe realizarse en las condiciones climáticas y electromagnéticas especificadas en 8.1.1 y 8.1.2

8.1.1 Condiciones climáticas. Los ensayos deben realizarse, conforme a la Norma CEI 68-1, en las condiciones climáticas normalizadas siguientes:

- temperatura: 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa: 25% a 75%;
- presión atmosférica: 86 kPa a 106 kPa.

NOTA – Pueden indicarse otros valores en las especificaciones de producto.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas. Las condiciones electromagnéticas del laboratorio deben ser tales que garanticen el funcionamiento correcto del ESE para no influir en los resultados del ensayo; en caso necesario, los ensayos deben realizarse en una jaula de Faraday.

En particular, el valor del campo electromagnético del laboratorio debe ser inferior al menos 20 dB que el correspondiente al nivel de ensayo elegido.

8.2 Realización del ensayo

El ensayo debe ser realizado conforme a un programa que incluya la verificación de las prestaciones del ESE tal como se definan en la especificación técnica.

Los valores de la tensión de alimentación, de las señales y de otras magnitudes eléctricas funcionales deben estar dentro de sus rangos nominales.

Si no se dispone de señales reales de funcionamiento, pueden ser simuladas.

Es necesario proceder a la verificación previa de las prestaciones del equipo, antes de exponerle al campo magnético.

El campo magnético debe aplicarse al ESE mediante el método por inmersión, preparándole previamente conforme a lo indicado en 7.2.

El nivel de ensayo no debe exceder los valores de la especificación de producto.

NOTA – Con el propósito de detectar el lado y las posiciones más sensibles del ESE, principalmente si se trata de un equipo dispuesto sobre el suelo, puede utilizarse el método de proximidad con fines de investigación. Este método no se aplica para certificación. En la figura 6 se da un ejemplo de aplicación del campo por el método de proximidad.

El ensayo se realiza aplicando 5 impulsos positivos y 5 impulsos negativos como mínimo.

El intervalo entre impulsos no debe ser inferior a 10 s.

a) *Equipo de mesa*

El equipo debe quedar sometido al campo magnético de ensayo producido por una bobina de inducción de dimensiones normalizadas (1 m x 1 m) y representada en la figura 4.

La bobina de inducción deberá ser girada 90° para exponer el ESE al campo de ensayo con orientaciones diferentes.

b) *Equipo situado sobre el suelo*

El equipo debe quedar sometido al campo magnético de ensayo producido por bobinas de inducción de dimensiones adecuadas, según se especifica en 6.2.1 b); el ensayo debe ser repetido desplazando la bobina de forma que todo el volumen ocupado por el ESE quede expuesto en cada dirección ortogonal.

El ensayo debe ser repetido desplazando la bobina a diferentes posiciones a lo largo del ESE, en saltos del 50% de la longitud del lado más corto de la bobina.

NOTA – El desplazamiento de la bobina de inducción en saltos del 50% de la longitud de su lado más corto produce el solapamiento de los campos de ensayo.

A continuación, la bobina de inducción debe ser girada 90° a fin de exponer el ESE al campo de ensayo según distintas orientaciones con el mismo procedimiento.

9 RESULTADOS E INFORME DEL ENSAYO

Este capítulo da una guía para la evaluación de los resultados y el informe de ensayo relativos a esta norma.

La variedad y diversidad de equipos y sistemas a ensayar hacen difícil la tarea de establecer los efectos de éste ensayo en los equipos y sistemas.

Los resultados de ensayo se clasificarán en base a las condiciones de operación y especificaciones funcionales del ESE, como las siguientes, salvo que se den especificaciones diferentes por los comités de producto o especificaciones de producto:

- 1) funcionamiento normal dentro de los límites especificados;
- 2) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento autorrecuperable;

- 3) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que requiere la intervención del operador o la puesta a cero del sistema;
- 4) degradación o pérdida de función no recuperable debida a daños en el equipo (componentes), el "software" o la pérdida de datos.

El equipo no deberá volverse peligroso o inseguro como resultado de la aplicación de los ensayos definidos en ésta norma.

En caso de ensayos de aceptación, el programa de ensayos y la interpretación de los resultados del ensayo deberán describirse en la norma específica de producto.

Como regla general, el resultado del ensayo es positivo si el equipo muestra su inmunidad, durante todo el período de aplicación del ensayo, y al final del mismo el ESE cumple con los requisitos técnicos establecidos en su especificación técnica.

La especificación técnica puede definir efectos en el ESE que puedan considerarse insignificantes y por tanto aceptables.

Para estas condiciones deberá verificarse que el equipo es capaz de recuperar sus capacidades operativas por sí mismo al final del ensayo; deberá por tanto anotarse el intervalo de tiempo durante el cual el equipo ha perdido sus capacidades funcionales. Estas verificaciones son obligatorias para la evaluación definitiva de los resultados del ensayo.

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

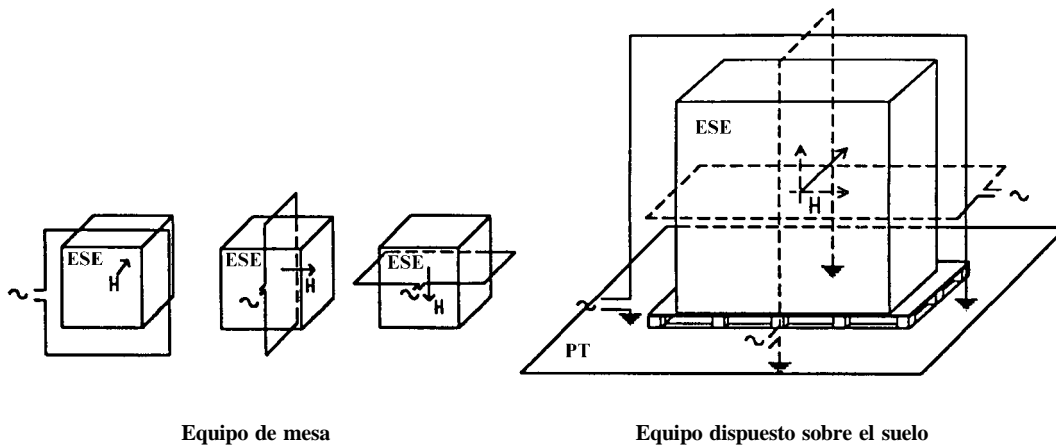


Fig. 1 – Ejemplo de aplicación del campo por el método por inmersión

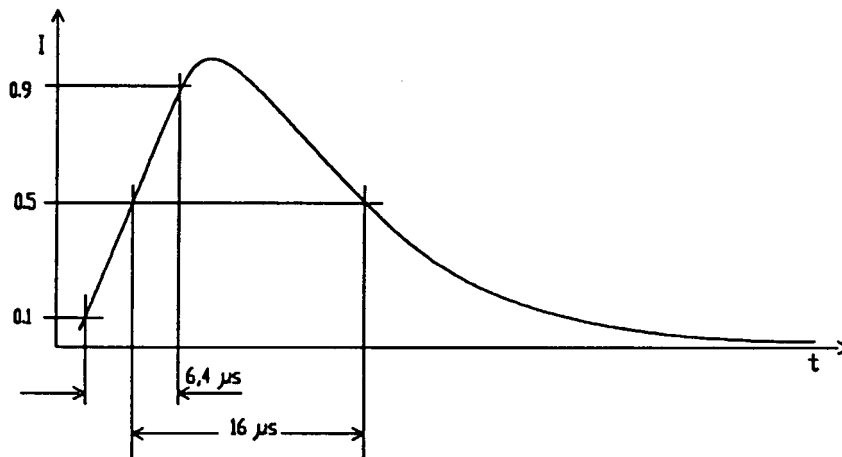
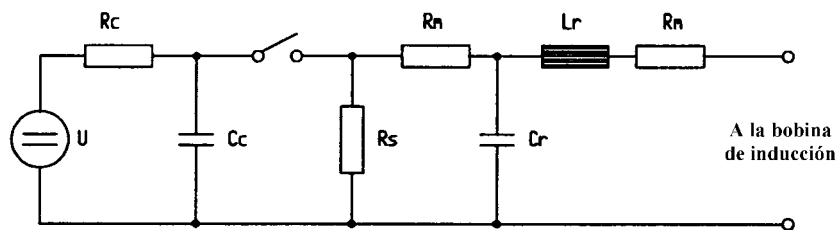


Fig. 2 – Forma de onda de la corriente producida por el generador de ensayo del campo magnético impulsional (6,4/16 μs)



- U: Fuente de alta tensión
- Rc: Resistencia de carga
- Cc: Condensador de almacenamiento de energía
- Rs1, Rs2: Resistencias de forma de la duración del impulso
- Rm: Resistencia de adaptación de impedancia
- Lr: Impedancia de forma del tiempo de subida

Fig. 3 – Esquema del generador de ensayo que produce el campo magnético oscilatorio amortiguado

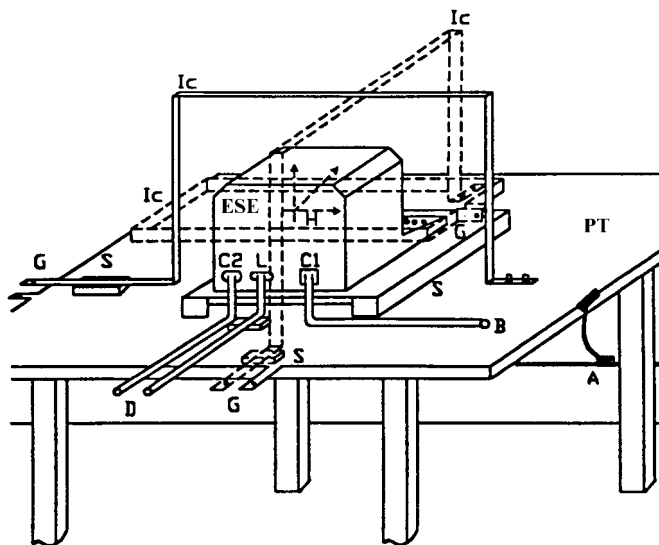


Fig. 4 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo de mesa

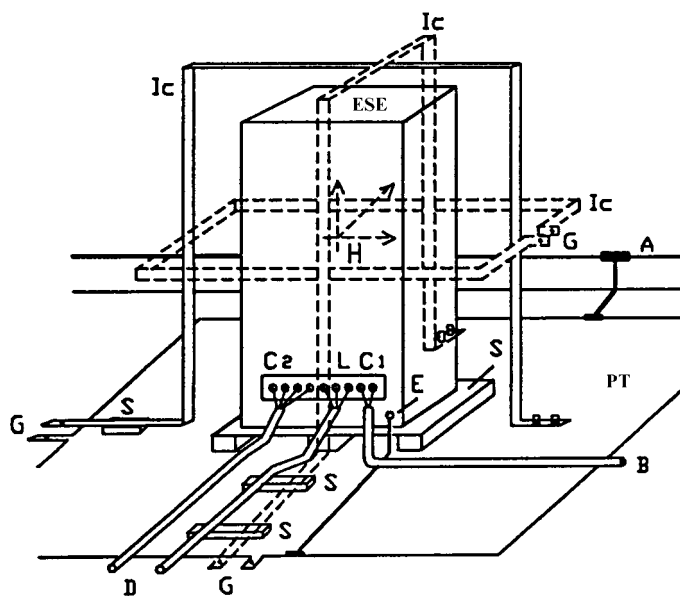


Fig. 5 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo

Referencias comunes a las figuras 4 y 5:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| PT: Plano de tierra | C1: Circuito de alimentación |
| A: Tierra de seguridad | C2: Circuito de señal |
| S: Soporte aislante | L: Línea de comunicación |
| ESE: Equipo sometido a ensayo | B: A la fuente de alimentación |
| Ic: Bobina de inducción | D: Fuente de señales, simulador |
| E: Borne (terminal) de tierra | G: Al generador de ensayo |

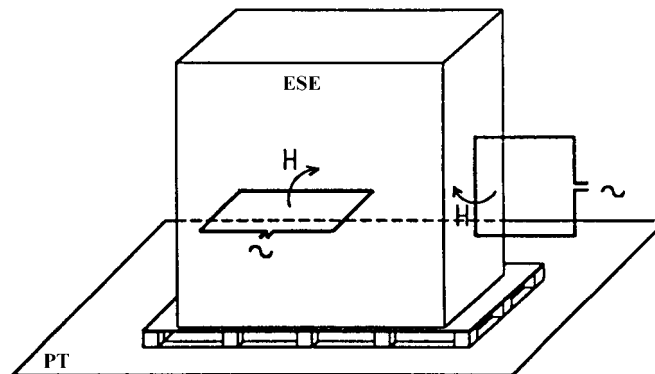
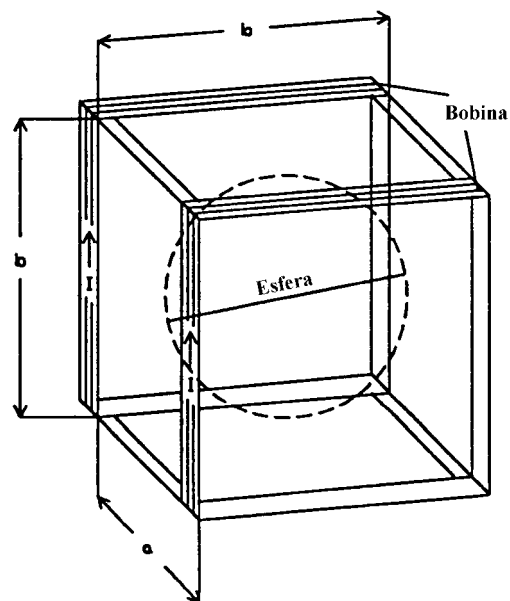


Fig. 6 – Ejemplo de investigación de la susceptibilidad a los campos magnéticos por el método de proximidad



- | | |
|---|-------------------------------|
| n: Número de espiras en cada bobina | a: Separación de las bobinas |
| b: Lado de las bobinas (m) | I: Valor de la corriente (A) |
| H: Intensidad del campo magnético (A/m) | H: $1,22 \times n/b \times I$ |

(con $a = b/2,5$ la no homogeneidad de la intensidad del campo magnético es de $\pm 0,2$ dB)

Fig. 7 – Representación de las bobinas de Helmholtz

ANEXO A (Normativo)**MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN****A.1 Medida de los campos magnéticos**

El ensayo del campo magnético se hace en condiciones de espacio libre, sin el ESE y a una distancia mínima de 1 m de las paredes del laboratorio y de cualquier material magnético.

El campo magnético puede ser medido con un sistema de sensores de banda ancha (de 10 MHz como mínimo, disponibles en el mercado) y de instrumentos de registro tales como registradores de transitorios u osciloscopios con memoria.

A.2 Calibración de la bobina de inducción

La calibración debe realizarse inyectando una corriente de calibración a la frecuencia industrial en la bobina de inducción, midiendo el campo magnético con sensores colocados en su centro geométrico.

Debe darse la orientación adecuada a los sensores con el fin de obtener el máximo valor.

El "factor de la bobina de inducción" se determinará para cada bobina de inducción como la relación "intensidad de campo/corriente de inyección" (H/A).

El "factor de bobina" determinado en corriente alterna no está relacionado con la forma de onda de la corriente, porque es un parámetro característico de la bobina de inducción; por consiguiente puede utilizarse para evaluar el campo magnético a frecuencia industrial y a otras frecuencias definidas en esta norma.

Para una bobina de dimensiones normalizadas, el factor de bobina se determina por su fabricante, pudiendo ser verificado con medidas de laboratorio antes de realizar los ensayos.

ANEXO B (Normativo)

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN

B.1 Generalidades

En este anexo se consideran los problemas de generación de los campos magnéticos.

En la primera parte, se han estudiado los métodos por inmersión y de proximidad.

Para conocer los límites dentro de los cuales se aplican dichos métodos, se ha profundizado en ciertas cuestiones.

A continuación se exponen las razones para la elección de los valores.

B.2 Requisitos de las bobinas de inducción

Se acepta para la bobina una "tolerancia de 3 dB respecto del campo de medida en el volumen ocupado por el ESE"; esta tolerancia ha sido considerada como un compromiso técnico razonable con relación a un ensayo caracterizado por niveles rigurosamente separados 10 dB, debido a los límites prácticos de generación de campos constantes en un amplio rango de volúmenes.

La constancia del campo es un requisito limitado a una dirección única, ortogonal al plano de la bobina. El campo en direcciones diferentes se obtiene haciendo girar la bobina en el curso de las diferentes fases del ensayo.

B.3 Características de la bobina de inducción

En los diagramas siguientes se presentan las características de bobinas de inducción de diferentes dimensiones, adecuadas para los ensayos de los equipos de mesa o para los equipos dispuestos sobre el suelo:

- características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano (véase figura B.1);
- área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano (véase figura B.2);
- área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina) (véase figura B.3);
- área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,6 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas) (véase figura B.4);
- área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,8 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas) (véase figura B.5);
- área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano (véase figura B.6);
- área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano (considerando el plano de tierra como un lado de la bobina) (véase figura B.7);
- área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m), con plano de tierra en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina) (véase figura B.8).

Deben adoptarse los criterios siguientes en la elección de la forma, disposición y dimensiones de las bobinas de inducción:

- el área a 3 dB en el interior y en el exterior de la bobina en función de su forma y dimensiones;
- para una intensidad de campo dada, el valor de la corriente, la potencia y energía del generador de ensayo son proporcionales a las dimensiones de la bobina de inducción.

B.4 Resumen de las características de las bobinas de inducción

Sobre la base de los datos sobre la distribución del campo generado por bobinas de diferentes tamaños, y considerando la aplicación del método de ensayo presentado en esta norma a los diferentes tipos de equipos, las conclusiones que pueden deducirse son las siguientes:

- una bobina cuadrada de 1 m de lado: volumen de ensayo de 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m (altura) (separación mínima de 0,2 m entre el ESE y la bobina);
- dos bobinas cuadradas de 1 m de lado, separadas 0,6 m: volumen de ensayo de 0,6 m x 0,6 m x 1 m (altura) (separación mínima de 0,2 m entre el ESE y la bobina); aumento de la separación de la bobina hasta 0,8 m y de la altura máxima de ensayo hasta 1,2 m (véase el área a ± 3 dB en el plano ortogonal principal);
- una bobina rectangular de 1 m x 2,6 m: volumen de ensayo de 0,6 m x 0,6 m x 2 m (altura). (Distancias mínimas de 0,2 m y 0,3 m entre el ESE y la bobina, en el sentido horizontal y en el sentido vertical, respectivamente); si la bobina se fija al plano de tierra es suficiente una distancia de 0,1 m.

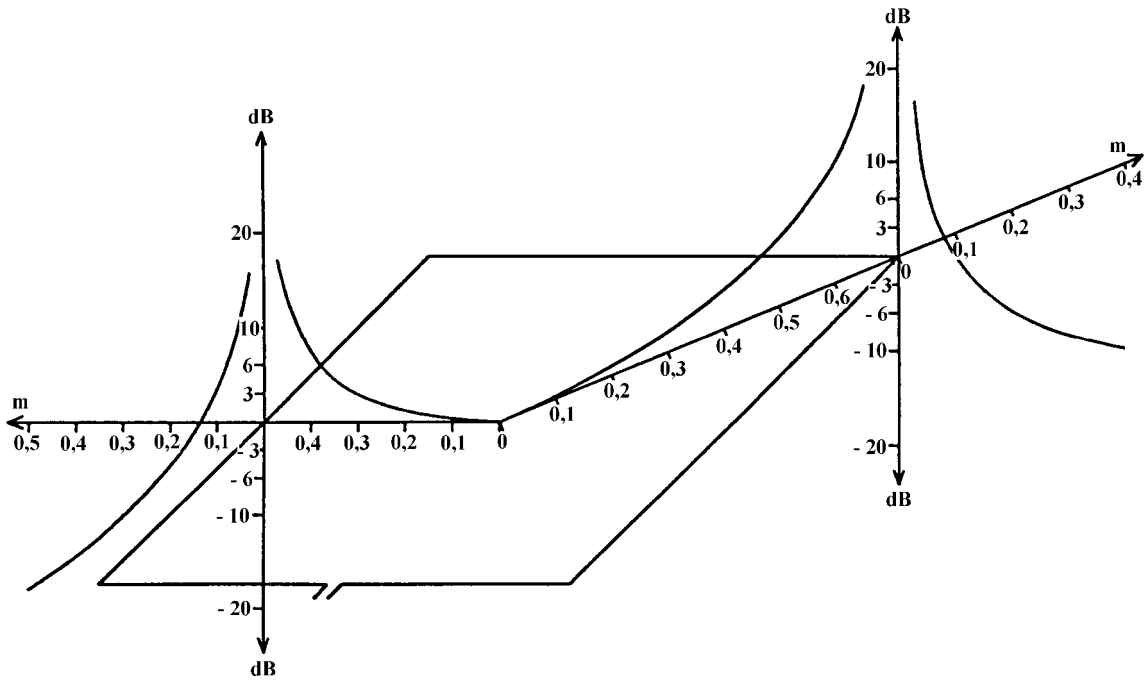


Fig. B.1 – Características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano

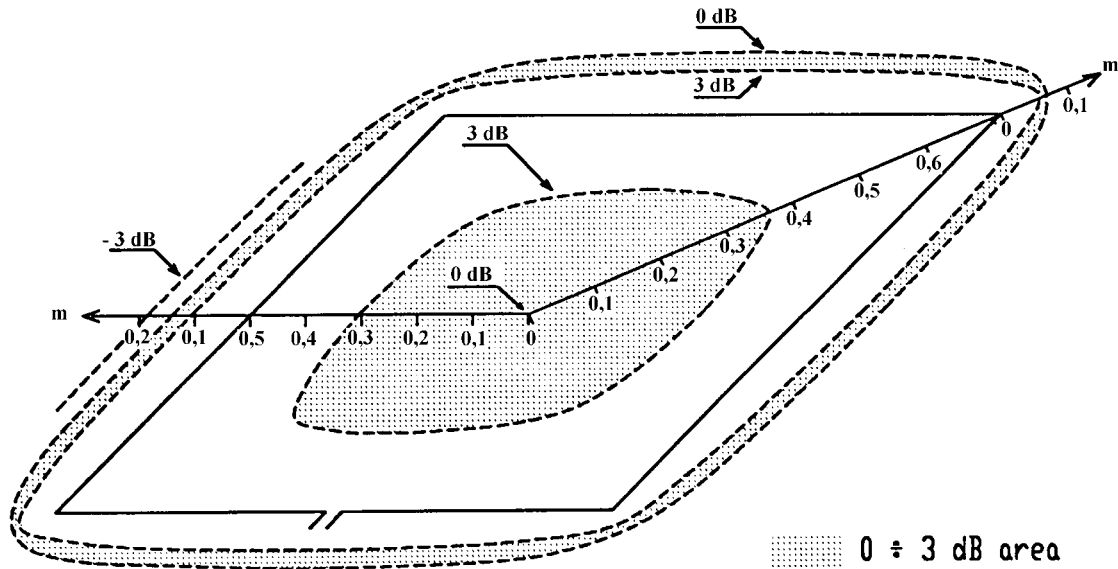


Fig. B.2 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano

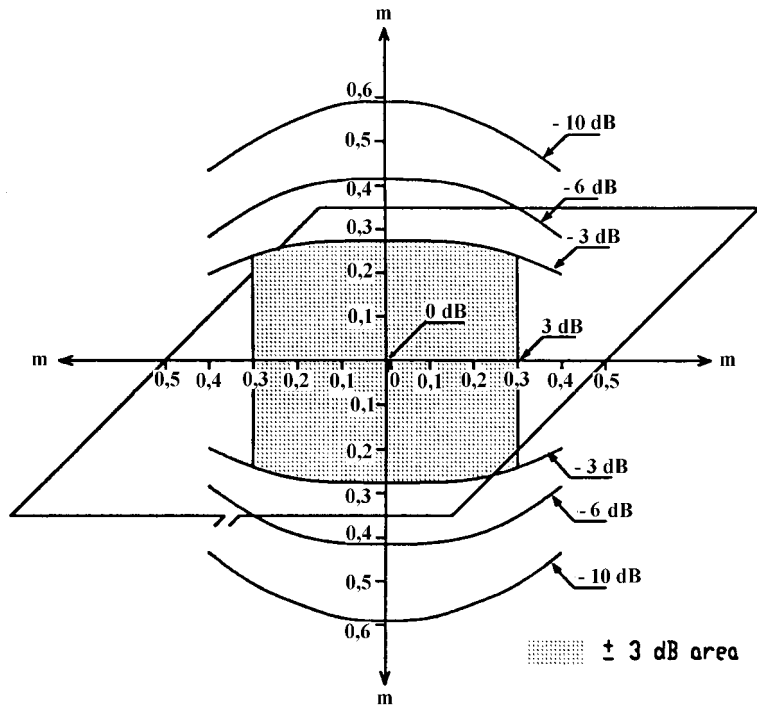


Fig. B.3 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)

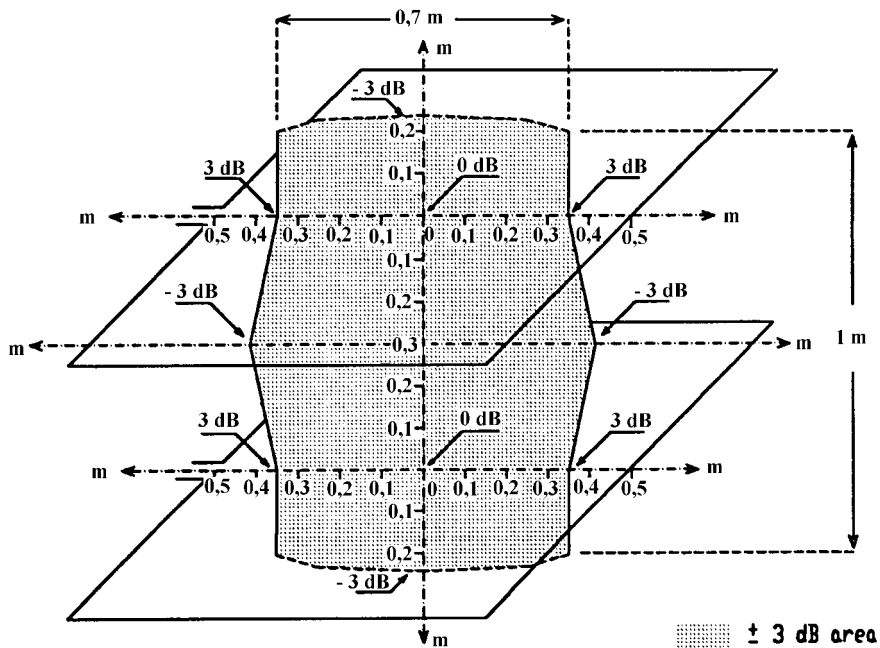


Fig. B.4 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado), separadas 0,6 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)

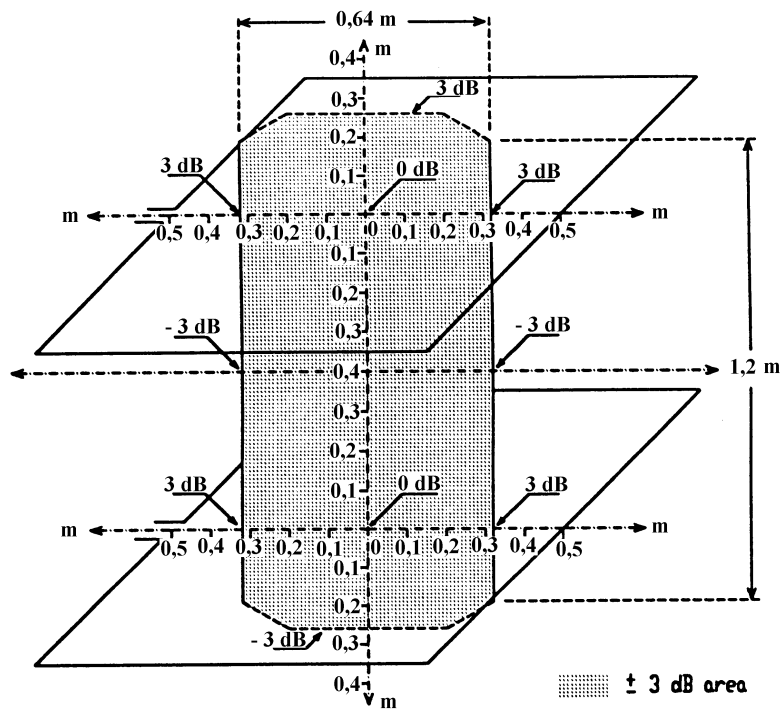


Fig. B.5 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,8 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)

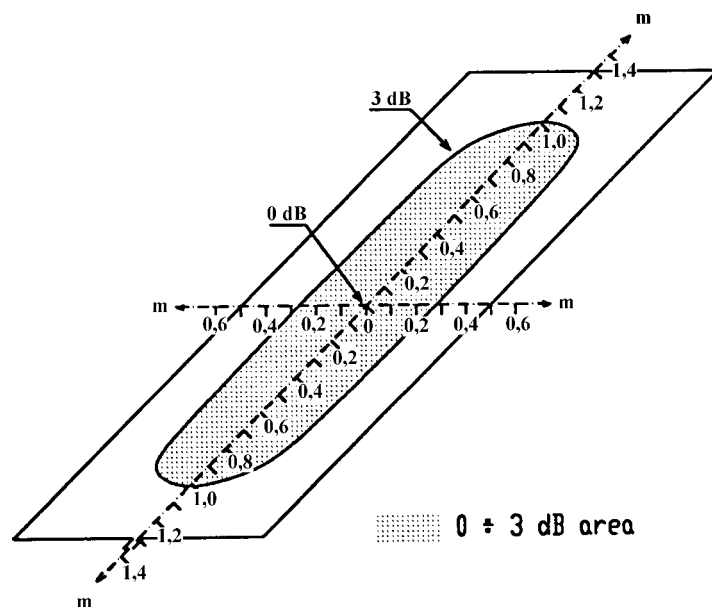


Fig. B.6 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano

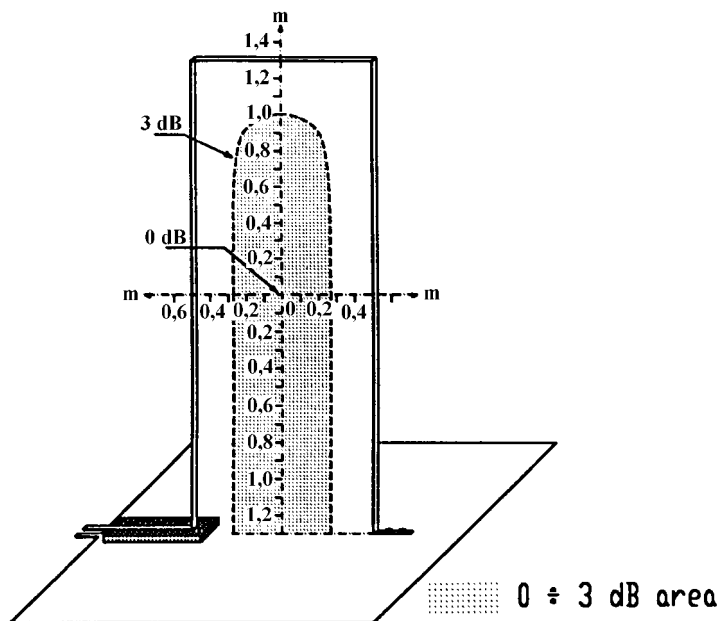


Fig. B.7 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano (considerando el plano de tierra como un lado de la bobina)

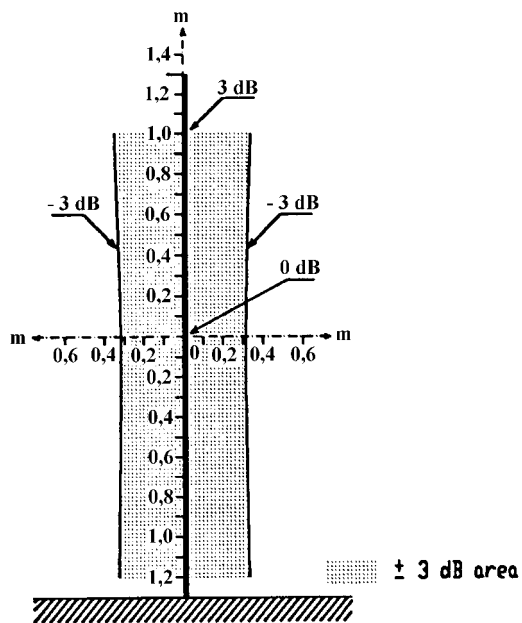


Fig. B.8 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) con plano de tierra, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)

ANEXO C (Informativo)

SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO

Los niveles de ensayo deben ser elegidos teniendo en cuenta las condiciones de instalación y entorno más reales.

Estos niveles se indican en el capítulo 5.

Los ensayos de inmunidad son correlativos a dichos niveles a fin de determinar un nivel de comportamiento que corresponda al entorno en el cual se espera que el equipo funcione.

El nivel de ensayo debe ser elegido de acuerdo con:

- el entorno electromagnético;
- la proximidad de las fuentes de perturbación que puedan afectar al equipo concernido;
- los márgenes de compatibilidad.

En consideración a las prácticas de instalación habituales, la selección de los niveles de ensayo para los campos magnéticos podría hacerse con la siguiente orientación:

Clase 1: El ensayo no es aplicable a este entorno en el que pueden ser utilizados aparatos muy sensibles basados en un haz electrónico (las pantallas, microscopios electrónicos, etc., son ejemplos representativos)

Clase 2: Entorno muy protegido.

El ensayo no es aplicable a este entorno porque las zonas implicadas no están expuestas a la influencia del rayo y de las corrientes iniciales de las averías transitorias.

Pueden ser representativas de este entorno las zonas protegidas de las viviendas, oficinas y hospitales, alejadas de los conductores de tierra de los sistemas contra el rayo.

Clase 3: Entorno protegido.

Este entorno se caracteriza por la proximidad de los conductores de tierra de los sistemas de protección contra el rayo y de las estructuras metálicas.

Pueden ser representativos de este entorno las zonas comerciales, centros de control y las zonas de industria ligera dotadas de sistemas de protección contra el rayo o de estructuras metálicas en su proximidad, así como las salas de ordenadores de las subestaciones de alta tensión.

Clase 4: Entorno típicamente industrial.

El entorno se caracteriza por la presencia de conductores de tierra de los sistemas de protección contra el rayo y de estructuras metálicas.

Pueden ser representativos de este entorno las plantas de industria pesada y centrales de energía y las salas de control de las subestaciones de alta tensión.

Clase 5: Entorno de gran densidad industrial.

Este entorno se caracteriza por los elementos siguientes:

- conductores, barras o líneas de media o alta tensión por las que circulan decenas de kA;
- conductores de tierra de los sistemas de protección; contra el rayo y estructuras elevadas tales como las torres de línea que transportan toda la corriente de descarga del rayo.

Pueden ser representativos de este entorno las zonas inmediatas a las centrales eléctricas de media y alta tensión, y a las plantas de industria pesada.

Clase X: Entorno especial.

La mayor o menor distancia electromagnética de las fuentes perturbadoras respecto de los circuitos de los equipos, cables, líneas, etc., y la calidad de las instalaciones pueden hacer necesario utilizar un nivel superior o inferior a los indicados más arriba. Debería tenerse en cuenta que las líneas de equipo de un nivel más elevado pueden penetrar en un entorno menos severo.

ANEXO D (Informativo)

INFORMACIÓN SOBRE LA INTENSIDAD DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

La intensidad de los campos magnéticos varía desde algunos centenares de A/m (valores de cresta) a aproximadamente 1 kA/m (valor de cresta) en la vecindad de conductores de tierra utilizados para la protección contra el rayo y las estructuras metálicas conductoras de tales corrientes transitorias; los valores de campo inferiores son representativos del entorno de los aparatos y de los sistemas instalados en el interior de los edificios.

ANEXO ZA (Normativo)

**OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA CON LAS
REFERENCIAS DE LAS NORMAS 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 citadas 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 – En el caso de aquellas Normas Internacionales, modificadas por las modificaciones comunes de CENELEC, indicado por (mod), se ha de tener en cuenta la EN o HD apropiada.

Norma CEI	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE equivalente¹⁾
60-2	1973	Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 2: Procedimientos de ensayo.			21308-2:76 ²⁾
68-1	1988	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía	HD 323.1 S2	1988	20501-1:94
469-1	1987	Técnicas de impulsos y aparatos. Parte 1: Terminos y definiciones relativos a los im- pulsos.			

- 1) Esta columna se ha introducido sobre el anexo original de la Norma Europea únicamente con carácter informativo a nivel nacional.
- 2) Anulada y sustituida por UNE 21308-1:1994.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección Fernández de la Hoz, 52
28010 Madrid-España

Teléfono (91) 432 60 00

Telefax (91) 310 36 95

Telegrama AENOR

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO