

ICS 29.020, 33.100

Septiembre 1996

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida**

**Sección 10: Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos oscilatorios amortiguados**

**Norma básica de CEM**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 10: Damped oscillatory magnetic field immunity test. Basic EMC Publication.*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4: Techniques d'essai et de mesure. Section 10: Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti. Publication fondamentale en CEM.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma UNE es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-10 de fecha septiembre de 1993, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 1000-4-10:1993.

### 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 30852:1996

©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

33 Páginas

**Grupo 21**



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 10: Ensayo de inmunidad a los campos  
magnéticos oscilatorios amortiguados  
Norma básica de CEM  
(CEI 1000-4-10:1993)**

Electromagnetic compatibility (EMC).  
Part 4: Testing and measurement  
techniques. Section 10: Damped  
oscillatory magnetic field immunity test.  
Basic EMC Publication.  
(IEC 1000-4-10:1993).

Compatibilité électromagnétique (CEM).  
Partie 4: Techniques d'essai et de  
mesure. Section 10: Essai d'immunité au  
champ magnétique oscillatoire amorti.  
Publication fondamentale en CEM.  
(CEI 1000-4-10:1993).

Elektromagnetische Verträglichkeit  
(EMV). Teil 4: Prüf- und  
Meßverfahren Hauptabschnitt 10:  
Prüfung der Störfestigkeit gegen  
gedämpft schwingende  
Magnetfelder. EMV-Grundnorm.  
(IEC 1000-4-10:1993).

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**

## 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 .....	9
4.2 Bobina de inducción .....	9
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 Ráfaga .....	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 .....	15
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

	<b>Página</b>
<b>ANEXO A – MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN</b> .....	<b>23</b>
<b>ANEXO C – SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXO D – INFORMACIÓN SOBRE LA INTENSIDAD DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS</b> .....	<b>31</b>
<b>ANEXO E – FRECUENCIA DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS OSCILATORIOS AMORTIGUADOS</b> .....	<b>32</b>
<b>ANEXO ZA – OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA, CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES</b> .....	<b>33</b>
 <b>FIGURAS</b>	
<b>1 – Ejemplo de aplicación del campo por el método por inmersión</b> .....	<b>19</b>
<b>2 – Forma de onda de la corriente producida por el generador de ensayo para el campo magnético oscilatorio amortiguado (onda sinusoidal)</b> .....	<b>19</b>
<b>3 – Esquema del generador de ensayo que produce el campo magnético oscilatorio amortiguado</b> .....	<b>19</b>
<b>4 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo de sobremesa</b> .....	<b>20</b>
<b>5 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo</b> .....	<b>20</b>
<b>6 – Ejemplo de investigación de la susceptibilidad a los campos magnéticos por el método de proximidad</b> .....	<b>21</b>
<b>7 – Representación de las bobinas de Helmholtz</b> .....	<b>21</b>
<b>B.1 – Características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano</b> .....	<b>25</b>
<b>B.2 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano</b> .....	<b>25</b>
<b>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)</b> .....	<b>26</b>

	<b>Página</b>
<b>B.4</b> – 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>B.5</b> – 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
<b>B.6</b> – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano . . . . .	27
<b>B.7</b> – 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 de inducción) . . . . .	28
<b>B.8</b> – 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 77B(CO)9, 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 EN 61000-4-10 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, D y E son informativos.

### DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 1000-4-10:1993 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 describe los requisitos exigidos relativos a la inmunidad de los equipos, únicamente bajo condiciones de funcionamiento, frente a las perturbaciones magnéticas oscilatorias amortiguadas principalmente en 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 acoplamientos capacitivos o inductivos 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 para subestaciones de media y alta tensión cuando aquéllos están sujetos a campos magnéticos oscilatorios amortiguados.



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

## 3 GENERALIDADES

Los campos magnéticos a los que están sometidos los equipos pueden influir en el correcto funcionamiento de los equipos y sistemas.

Los siguientes ensayos pretenden demostrar la inmunidad de los equipos cuando están sometidos a campos magnéticos oscilatorios amortiguados debidos a unas condiciones específicas de localización e instalación (por ejemplo, proximidad del equipo a una fuente de perturbaciones).

Los campos magnéticos oscilatorios amortiguados se generan por la conmutación de seccionadores en barras o nudos de alta tensión.

El ensayo es aplicable principalmente a equipos electrónicos que vayan a instalarse en subestaciones de alta tensión. Otras posibles aplicaciones deben ser consideradas por los comités de producto.

El ensayo consiste en aplicar una onda oscilatoria amortiguada (véase figura 2) cuyas características vienen detalladas en la apartado 6.1.1.

La información relativa a la frecuencia de oscilación viene recogida en el anexo E.

## 4 DEFINICIONES

Los siguientes términos y definiciones son utilizados en esta norma y son aplicables únicamente al campo restringido de las perturbaciones magnéticas; no todos ellos están incluidos 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 ráfaga:** Una secuencia de un número limitado de impulsos diferentes o bien una oscilación de una duración limitada (VEI 161-02-07).

## 5 NIVELES DE ENSAYO

El rango de niveles de ensayo preferentes viene dado en la tabla 1.

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

**Tabla 1**  
**Niveles de ensayo**

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

### NOTAS

1) "x" es un nivel abierto. Este nivel, así como la duración de este ensayo, puede venir dado en las especificaciones del producto.

2) "n.a." = no aplicable

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

La información relativa a los niveles reales se indica en el anexo D.

La duración del ensayo es de 2 s.

## 6 EQUIPO DE ENSAYO

El campo magnético se obtiene mediante una corriente que circula a través de una bobina de inducción; la aplicación del campo al ESE se realiza mediante el método por inmersión.

Un ejemplo de aplicación del método por inmersión se da en la figura 1.

Los equipos para ensayo incluyen la fuente de corriente (generador de ensayo), la bobina de inducción y la instrumentación auxiliar del ensayo.

### 6.1 Generador de ensayo

El generador, con la forma de onda de salida correspondiente a la del ensayo del campo magnético, deberá ser capaz de generar la intensidad requerida en las bobinas de inducción especificada en el apartado 6.2.

La potencia del generador deberá por lo tanto dimensionarse teniendo en cuenta la impedancia de las bobinas; la inductancia puede variar desde 2,5  $\mu\text{H}$  para la bobina normalizada de 1 m, hasta varios  $\mu\text{H}$  (por ejemplo 6  $\mu\text{H}$ ) 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 selección del ensayo y el factor de la bobina de inducción (véase apartado 6.2.2. y el anexo A), en un rango desde 0,87 (1 m núcleo estándar para ensayos de equipos de sobremesa o equipos pequeños) a 0,66 (núcleos de inducción rectangulares, de 1 m x 2,6 m, para ensayos realizados directamente sobre el suelo o para grandes equipos);
- operatividad en condiciones de cortocircuito;
- existencia de un borne conectado al terminal de tierra (para conexión de seguridad a la tierra del laboratorio);
- precauciones para prevenir la emisión de grandes perturbaciones que puedan ser introducidas en la red o que puedan influir en los resultados de los ensayos.

Las características y las funciones de la fuente de intensidad o del generador de ensayo para los campos considerados en esta norma vienen expresados en el apartado 6.1.1.

**6.1.1 Características y funciones del generador de ensayo.** El generador de ensayo es un generador de intensidad sinusoidal amortiguada cuyas características son las siguientes:

Especificaciones

Frecuencia de oscilación:	0,1 MHz y 1 MHz $\pm$ 10%
Ritmo de decaimiento:	50% del valor de pico después de 3 a 6 ciclos
Frecuencia de repetición:	al menos 40 transitorios/s a 0,1 MHz, 400 transitorios/s a 1 Mhz
Duración del ensayo:	2 s (+ 10%, -0%) o permanente
Rango de corriente de salida:	de 10 A a 100 A, dividido por el factor de bobina

NOTA - El rango de salida de corriente para el núcleo normalizado es desde 12 A a 120 A.

La forma de onda de la salida de corriente es la incluida en la figura 2.

El circuito del generador, representado esquemáticamente, es el de la figura 3.

**6.1.2 Verificación de las características del generador de ensayo.** Con el fin de comparar los resultados de los diferentes generadores de ensayo, deberán verificarse las características esenciales de los parámetros de la corriente de salida.

La corriente de salida deberá verificarse con el generador conectado a la bobina de inducción normalizada especificada en 6.2.1 a); la conexión deberá realizarse mediante conductores roscados o bien mediante un cable coaxial de hasta 3 m de largo y de una sección transversal apropiada.

Deberá verificarse la emisión de perturbaciones por el generador (véase 6.1).

Las características a verificar son:

- valor de cresta de la corriente de salida;
- amortiguamiento;
- frecuencia de oscilación;
- frecuencia de repetición.

Las verificaciones deberán realizarse con una sonda amperimétrica y un osciloscopio u otra instrumentación de medida con un ancho de banda de al menos 10 MHz.

La precisión de las medidas deberá 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 previamente definido (véase apartado 6.1.1), generará una intensidad de campo correspondiente al nivel de ensayo seleccionado y a la precisión requerida.

La bobina de inducción deberá estar hecha de cobre, aluminio u otro conductor no-magnético, de una sección transversal y propiedades mecánicas tales que quede asegurada su posición estable durante la realización de los ensayos.

El conductor deberá ser de tipo "monoespira" y tener una capacidad suficiente para soportar corriente para el nivel de ensayo seleccionado.

Las dimensiones de la bobina de inducción deberán ser tales que permitan envolver al ESE (tres posiciones ortogonales).

Dependiendo del tamaño del ESE, pueden ser usadas bobinas de inducción de diferentes dimensiones. Las dimensiones recomendadas a continuación son las idóneas para la generación de un campo magnético sobre todo el volumen del ESE (equipo de sobremesa o bien equipo dispuesto sobre el suelo), con una variación aceptable de  $\pm 3$  dB.

Las características de las bobinas de inducción respecto a la distribución del campo magnético se dan en el anexo B.

### a) *Bobina de inducción para equipos de sobremesa*

La bobina de inducción de dimensiones normalizadas para ensayos de equipos pequeños (por ejemplo, monitores de computadoras, contadores, transmisores para procesos de control, etc.) tiene una forma cuadrada (o circular) de 1 m de lado (o diámetro), y está constituida de un conductor de relativamente poca sección transversal.

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

Puede usarse una bobina doble de tamaño normalizado (bobina de Helmholtz) con el fin de obtener una homogeneidad de campo mejor de 3 dB o para ensayos en ESE más grandes.

La bobina doble (bobina de Helmholtz) deberá estar constituida de dos o más series de espiras, convenientemente espaciadas (véase figura 7, figura B.4, figura B.5).

El volumen de ensayo de una bobina de inducción doble, con espaciamiento de 0,8 m, para una homogeneidad de 3 dB es 0,6 m x 0,6 m x 1 m (altura)

Por ejemplo, las bobinas de inducción, para una no-homogeneidad de 0,2 dB, tienen dimensiones y distancias de separación indicadas en la figura 7.

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

Las bobinas de inducción deberán fabricarse de acuerdo con las dimensiones del ESE y la diferente polarización del campo.

La bobina de inducción deberá ser capaz de envolver el ESE: las dimensiones de la bobina deberán ser suficientes como para dar una distancia mínima de los conductores al ESE igual a 1/3 de la dimensión del ESE considerado.

Las bobinas deberán estar hechas de conductores de relativamente pequeña sección.

NOTA – Debido a la posible gran dimensión del ESE, las bobinas pueden estar hechas de secciones en "C" o en "T" de modo que tengan suficiente rigidez mecánica.

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

**6.2.2 Calibración de la bobina de inducción, factor de la bobina.** Con el fin de llevar a cabo una posible comparación de los resultados de los ensayos aplicados a diferentes equipos, las bobinas de inducción deberán ser calibradas en sus condiciones de funcionamiento, antes de ser sometidas a ensayo (sin el ESE, en un espacio libre).

Una bobina de inducción de dimensiones correctas para las dimensiones del ESE, deberá posicionarse a una distancia mínima de 1 m de la pared del laboratorio y de cualquier material magnético, mediante el uso de los accesorios aislantes, y se conectará al generador de ensayo según lo descrito en el apartado 6.1.2.

Deberán emplearse sensores de campo magnético apropiados (B.W. > 10 MHz), con respuestas dinámica y en frecuencia de acuerdo con la oscilación del campo magnético, para verificar la intensidad del campo magnético generado por la bobina de inducción.

El sensor de campo se posicionará en el centro de la bobina de inducción (sin el ESE) y con una orientación apropiada para detectar el máximo valor del campo.

La corriente de la bobina de inducción se ajustará para obtener la intensidad del campo magnético especificado por el nivel del ensayo.

La calibración se realizará a la frecuencia de la red: el valor de la intensidad que genera una intensidad de campo dada se usará para el ensayo de oscilación amortiguada de esta norma.

El procedimiento de calibración se realizará en el generador de ensayo y en las bobinas de inducción.

El factor de bobina es determinado (y verificado) por el procedimiento anterior.

El factor de bobina da el valor de la intensidad que debe ser inyectada en la bobina para obtener el campo magnético requerido en el ensayo (H/I).

La información relativa a la medida del campo magnético del ensayo está incluida en el anexo A.

### 6.3 Instrumentación del ensayo e instrumentación auxiliar

**6.3.1 Instrumentación del ensayo.** La instrumentación del ensayo incluye:

- sistema de medida de intensidad (sensores e instrumentos) para la determinación y medida de la intensidad inyectada en la bobina de inducción;
- redes de terminación, filtros antirretorno, etc., para la alimentación, control y señal de las líneas.

La red de terminación da una impedancia definida de 50  $\Omega$  a tierra para todos los circuitos externos conectados a los terminales del ESE. Puede estar representada por la impedancia de línea de la red estable para los circuitos de alimentación, redes de acoplamiento/desacoplamiento, o resistencias-capacidades en serie para la entrada/salida de los circuitos de señal y control. Estas redes se describirán en el programa de ensayo.

Las redes de terminación, los filtros antirretorno, etc., serán compatibles con las señales de operación.

Las conexiones con el simulador deberán estar equipadas con filtros antirretorno (véase 6.3.2).

El sistema de medida de la intensidad está constituido por una sonda de intensidad calibrada o bien un shunt; la instrumentación para la medida del transitorio de intensidad tendrá un ancho de banda máximo de 10 MHz.

La precisión de la instrumentación empleada en la medida deberá ser de  $\pm 10\%$ .

**6.3.2 Instrumentación auxiliar.** La instrumentación auxiliar consta de un simulador y cualquier otro instrumento necesario para la operación y verificación de las especificaciones funcionales del ESE.

## 7 INSTALACIÓN DE ENSAYO

La instalación de ensayo comprende los elementos siguientes:

- plano de tierra (de referencia) (PT);
- equipo sometido a ensayo (ESE);
- generador de ensayo;
- bobina de inducción;
- 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 ensayos.

Figura 4: Ejemplo de una instalación de ensayo para equipo de sobremesa

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

### **7.1 Plano de tierra (de referencia) (PT)**

El plano de tierra (PT) deberá estar situado en el laboratorio; el equipo ensayado y el equipamiento auxiliar deberán estar situados sobre él y conectados a él.

El plano de tierra deberá ser una lámina de metal no magnético (cobre o aluminio) de 25 mm de espesor; podrán usarse otros metales si éstos tienen un mínimo de 65 mm de espesor.

Las dimensiones mínimas del plano de tierra son: 1 m x 1 m.

Las dimensiones definitivas dependerán de las dimensiones del equipo ensayado.

El plano de tierra estará conectado al sistema de tierra de seguridad del laboratorio.

### **7.2 Equipo sometido a ensayo**

La disposición del equipo es aquella que satisfaga los requisitos funcionales. Estará apoyado en el PT a través de un soporte aislante de 0,1 m de espesor (por ejemplo, madera seca).

La caja del equipo estará conectada directamente a la tierra de seguridad a través del PT con una conexión de longitud mínima a través del terminal de tierra del ESE.

La alimentación de los circuitos de entrada y salida se conectarán a las fuentes de alimentación, control y señal a través de los filtros antirretorno.

Los cables a utilizar serán los suministrados o recomendados por el fabricante del equipo. Si no existen recomendaciones del fabricante en este sentido, deberán usarse cables no apantallados de las características apropiadas para las señales que vayan a manejarse. Todos los cables estarán expuestos al campo magnético en 1 m de su longitud.

Los filtros antirretorno serán insertados en los circuitos a través de cables de 1 m de longitud desde el ESE y conectado al plano de tierra.

Los circuitos de entrada y salida al simulador estarán provistos de filtros antirretorno para prevenir interferencias con otros equipos.

Las líneas de comunicación (líneas de datos) serán conectadas al ESE mediante cables con unas especificaciones técnicas dadas o normalizadas para esta aplicación. Cada línea en la proximidad del ESE será mantenida a una distancia de unos 0,1 m del PT.

### **7.3 Generador de ensayo**

El generador de ensayo deberá colocarse a una distancia menor de 3 m de distancia de la bobina de inducción.

Un terminal de este generador estará conectado al plano de tierra.

### **7.4 Bobina de inducción**

La bobina de inducción, de características especificadas en el apartado 6.2.1 deberá rodear al ESE situado en su centro.

Pueden seleccionarse diferentes bobinas de inducción para los ensayos en las distintas direcciones ortogonales, según el criterio general especificado en los apartados 6.2.1 a) y b).

Las bobinas de inducción utilizadas en posición vertical (polarización horizontal del campo) pueden conectarse (al pie de un conductor vertical) directamente al plano de tierra, que representa la cota inferior de la bobina, y está considerada una parte de ella. En este caso es suficiente una distancia mínima de 0,1 m entre el ESE y el plano de tierra.

La bobina de inducción se conectará al generador de ensayo del mismo modo que se realizó el procedimiento de calibración especificado en el apartado 6.2.2.

La bobina de inducción seleccionada para los ensayos debe estar especificada en el programa de ensayos.

## 8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo comprende las operaciones relativas a:

- verificación de las condiciones de referencia del laboratorio;
- verificaciones preliminares del buen funcionamiento del material;
- realización del ensayo;
- evaluación de los resultados del ensayo.

### 8.1 Condiciones de referencia del laboratorio

Con el fin de minimizar el efecto de los parámetros ambientales en el resultados del ensayo, éste se realizará en unas condiciones ambientales y electromagnéticas de referencia especificadas los apartados 8.1.1 y 8.1.2.

**8.1.1 Condiciones ambientales.** Los ensayos se realizarán bajo unas condiciones ambientales en concordancia con la Norma CEI 68-1:

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

NOTA – Cualquier otro valor puede darse en las especificaciones del producto.

**8.1.2 Condiciones electromagnéticas.** Las condiciones electromagnéticas del laboratorio deberán ser aquéllas que garanticen la correcta operación del ESE con el fin de no influir en los resultados del ensayo; de otro modo, los ensayos se realizarán en una jaula de Faraday.

De forma particular, el valor del campo electromagnético del laboratorio será al menos de 20 dB menos que el nivel del ensayo seleccionado.

### 8.2 Realización del ensayo

El ensayo se realizará basándose en el programa de ensayo, incluyendo verificación de las funciones del ESE según quedaron definidas en las especificaciones técnicas.

El valor de la tensión de alimentación, la señal y otras magnitudes eléctricas serán aplicadas en valores dentro de su rango nominal.

Si las señales de funcionamiento reales no están disponibles, pueden simularse

Las verificaciones preliminares de los equipos que se vayan a utilizar se realizarán antes de aplicar el campo magnético del ensayo.

El campo magnético del ensayo se aplicará al ESE mediante el método por inmersión, previamente preparado según se especifica en el apartado 7.2.



El nivel del ensayo no excederá de las especificaciones del producto.

NOTA – Con el fin de detectar el lado/posición más susceptible del ESE, sobre todo si se trata de un ESE fijo, el método de proximidad puede ser utilizado con fines de investigación. Este método no se utiliza para el ensayo de certificación. Un ejemplo de la aplicación del ensayo de campo por el método de proximidad es el indicado en la figura 6.

El ensayo consiste en aplicar el campo magnético oscilatorio amortiguado durante 2 s.

El ensayo se efectuará, al menos, a dos frecuencias comprendidas dentro del rango entre 30 kHz y 10 MHz. Preferentemente, será realizado a 0,1 y 1 MHz. Cualquier otra frecuencia de ensayo en el rango de 30 kHz y 10 MHz puede ser elegido por el comité de producto o por las especificaciones del mismo; serán reflejadas en el plan de ensayo.

El ensayo se realizará con una frecuencia de repetición de al menos 40 Hz para 0,1 MHz y de 400 Hz para el de onda de 1 MHz. La frecuencia de repetición se incrementará o disminuirá proporcionalmente a la frecuencia del ensayo.

a) *Equipo de mesa*

El equipo estará expuesto al campo magnético del ensayo mediante una bobina de inducción de dimensiones normalizadas (1 m x 1 m) especificadas en el apartado 6.2.1 a) y que se muestran en la figura 4.

La bobina de inducción se rotará 90° con el fin de someter al ESE al campo del ensayo con diferentes orientaciones.

b) *Equipo dispuesto sobre el suelo*

El equipo estará expuesto al campo magnético del ensayo mediante una bobina de inducción de dimensiones apropiadas según se especificó en el apartado 6.2.1 b); el ensayo se repetirá desplazando la bobina de inducción con el fin de ensayar todo el volumen del ESE para cada dirección ortogonal.

El ensayo se repetirá desplazando la bobina en diferentes posiciones a lo largo del ESE, en etapas correspondientes al 50% del lado más corto de la bobina.

NOTA – El movimiento de la bobina de inducción en etapas correspondientes al 50% del lado más corto de la bobina origina solapamiento en los campos de ensayo.

La bobina de inducción será entonces rotada 90° con el fin de someter al ESE al campo del ensayo con diferentes orientaciones con el mismo procedimiento.

## 9 RESULTADOS E INFORME DEL ENSAYO

Este capítulo pretende ser una guía para la evaluación de los resultados del ensayo y del informe del mismo, relativos a esta norma.

La variedad y la diversificación de los equipos y sistemas que pueden ensayarse son la causa de la dificultad de establecer los efectos del ensayo en los equipos y sistemas.

Los resultados del ensayo deberán clasificarse basándose en las condiciones de operación y las especificaciones funcionales del equipo sometido al ensayo, como se indica a continuación, a menos que diferentes especificaciones de los comités del producto o de las características del equipo así lo indiquen:

- 1) funcionamiento normal dentro de los límites especificados;
- 2) degradación temporal o pérdida de función que es autorrecuperable;
- 3) degradación temporal o pérdida de función que requiere intervención del operador o la reinicialización del sistema;

- 4) degradación temporal o pérdida de función que no es autorrecuperable debido al daño producido en el equipo (en sus componentes) o en el software, o bien pérdida de datos.

La aplicación de los ensayos definidos la presente norma no deben originar que el equipo ensayado se convierta en peligroso o no seguro.

En el caso de que hayan sido superados los ensayos, el programa de ensayo y la interpretación de los resultados han de ser descritos en la norma de producto específica.

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

La especificación técnica puede definir los efectos en el ESE que pueden ser considerados insignificantes y por lo tanto aceptables.

Para estas condiciones se verificará que el equipo es capaz de recuperar su capacidad operativa por sí mismo al final del ensayo; registrándose el intervalo de tiempo durante el cual el equipo ha perdido su capacidad operativa.

Estas verificaciones son obligatorias para la definitiva evaluación de los resultados del ensayo.

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

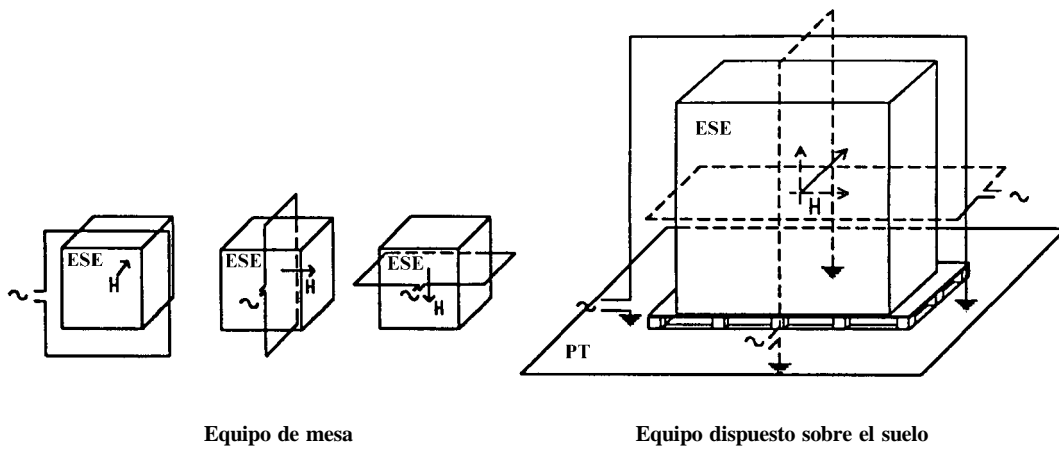


Fig. 1 – Ejemplo de aplicación del campo por el método por inmersión

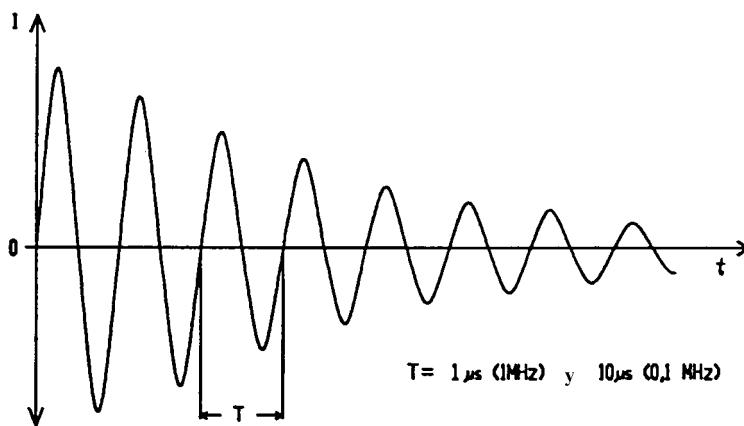
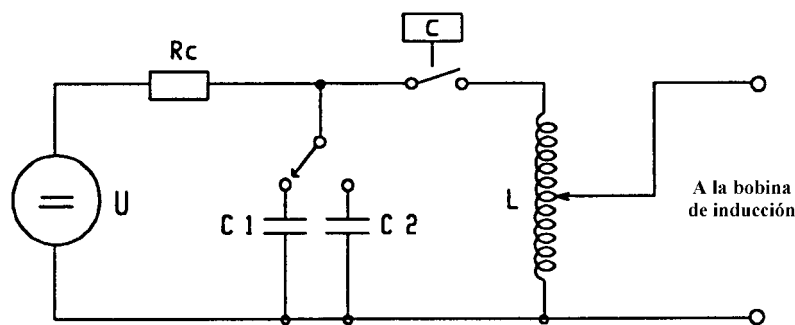


Fig. 2 – Forma de onda de la corriente producida por el generador de ensayo para el campo magnético oscilatorio amortiguado (onda sinusoidal)



- U: Fuente de alta tensión
- C: Controlador de tiempo
- C1-2: Condensadores del circuito oscilante (conmutable para 0,1-1 MHz)
- Rc: Resistencia de carga
- L: Bobina del circuito oscilante

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

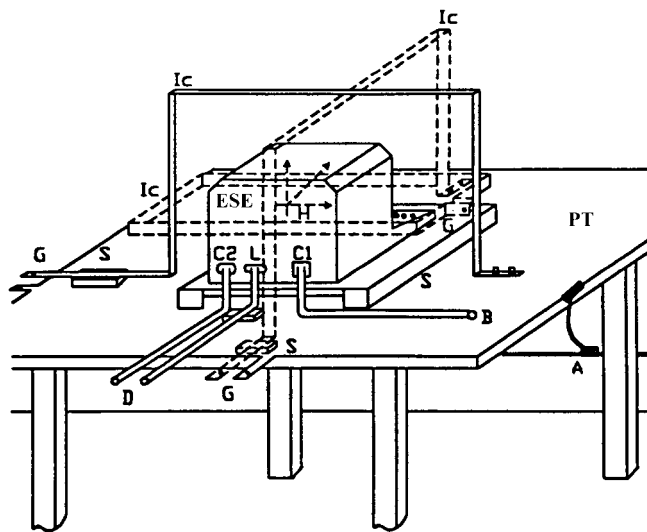


Fig. 4 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo de mesa

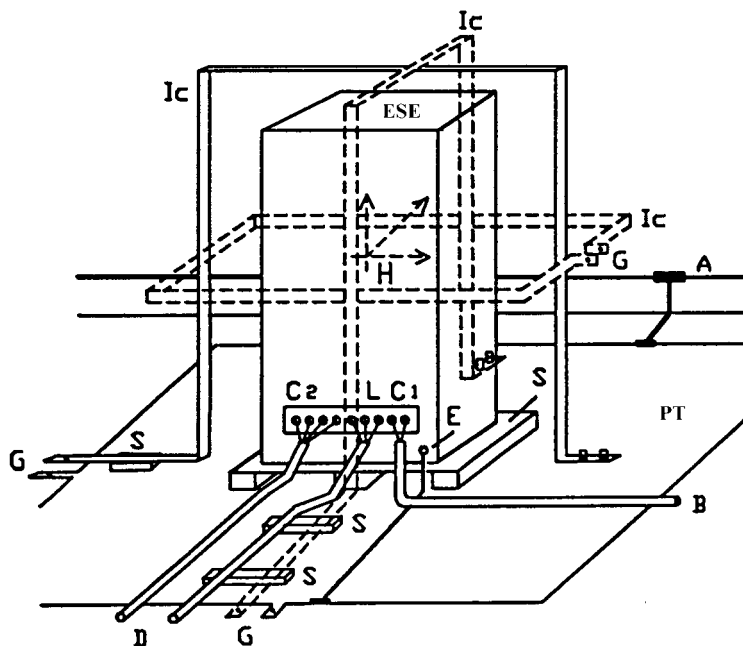


Fig. 5 – Ejemplo de instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo

Leyenda común 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:	A la fuente de señal, simulador
E:	Borne de tierra	G:	Al generador de ensayo

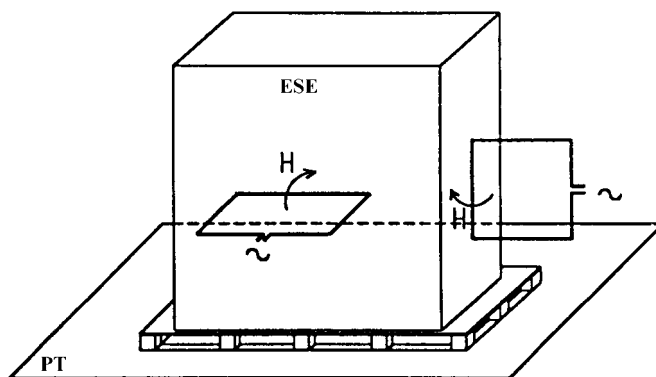
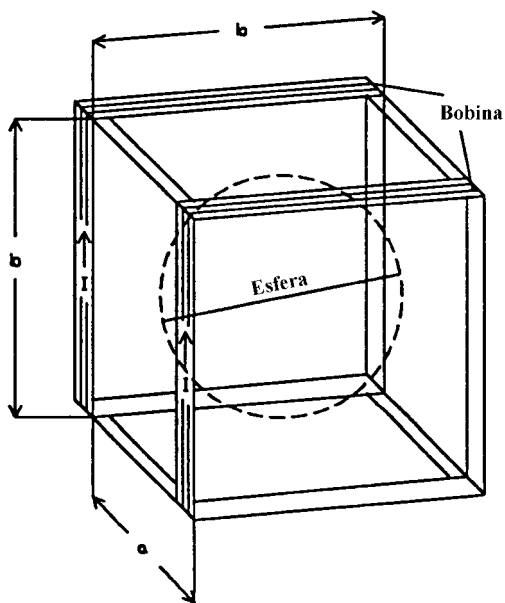


Fig. 6 – Ejemplo de investigación de la susceptibilidad a los campos magnéticos por el método de proximidad



- |    |                                      |     |                            |
|----|--------------------------------------|-----|----------------------------|
| n: | Número de vueltas en cada bobina     | a:  | Separación de las bobinas  |
| b: | Lado de las bobinas (m)              | I:  | Valor de 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 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 del campo magnético**

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

La medida del campo magnético puede realizarse con una medida del sistema que incluya sensores de banda ancha (con un mínimo de 10 MHz, disponibles en el mercado) e instrumentos registradores, por ejemplo, registradores de transitorios o bien osciloscopios con memoria.

**A.2 Calibración de la bobina de inducción**

La calibración se realizará mediante la inyección de corriente calibrada a la frecuencia industrial en la bobina de inducción y midiendo el campo magnético mediante sensores situados en el centro geométrico del mismo.

Se seleccionará la orientación apropiada del sensor con el fin de obtener el valor máximo.

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

El "factor de bobina", determinado para intensidad de corriente alterna, no está ligado a la forma de onda de la corriente, sino que es un parámetro característico de la bobina de inducción; es por lo tanto aplicable para realizar la evaluación del campo magnético de las diferentes formas de onda, como las ondas de transitorios definidas en esta norma.

Para las dimensiones normalizadas de la bobina, el factor de bobina viene determinado por el fabricante de la bobina, y puede ser verificada mediante medidas de laboratorio antes de realizar los ensayos.

## ANEXO B (Normativo)

### CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS DE INDUCCIÓN

#### B.1 Generalidades

Este anexo considera los problemas de generación de los campos magnéticos.

En una primera fase, fueron considerados los dos métodos, por inmersión y de proximidad.

Con el fin de conocer los límites de aplicación de los dos métodos, ha habido que profundizar en algunas cuestiones.

En lo que sigue, se explican los motivos de los valores elegidos

#### B.2 Requisitos de la bobina de inducción

El requisito de las bobinas de inducción es "una tolerancia de 3 dB en el campo magnético en el volumen del ESE"; esta tolerancia ha sido considerado un compromiso técnico razonable con respecto a los ensayos caracterizados por niveles de severidad separados por 10 dB, debido a límites prácticos en la generación de un campo constante sobre un amplio rango de volúmenes.

La constancia del campo es un requisito limitado a una sola dirección, ortogonal al plano de la bobina. El campo en la diferentes direcciones se obtiene en los sucesivos pasos del ensayo mediante la rotación de la bobina.

#### B.3 Características de la bobina de inducción

Las características de las bobinas de inducción de distintas dimensiones apropiadas para el ensayo del equipo de sobremesa. o equipos apoyados sobre el suelo se dan en los diagramas siguientes:

- características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano (véase figura B.1);
- área de 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano (véase figura B.2);
- área de 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 de 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 de 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 de 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 de 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 de 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).

En la selección de la forma, la disposición y dimensiones de la bobina de ensayo, han de considerarse los siguientes puntos:

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

#### **B.4 Resumen de las características de la bobina de inducción**

Sobre la base de los datos de la distribución del campo de las bobinas de diferentes tamaños, y con el fin de adoptar el método de ensayo descrito en esta norma a las diferentes clases de equipos, las conclusiones se pueden resumir en:

- una bobina cuadrada, de 1 m de lado: volumen de ensayo 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m de alto (0,2 m de distancia mínima del ESE a la bobina);
- dos bobinas cuadradas, de 1 m de lado, separadas 0,6 m: volumen de ensayo 0,6 m x 0,6 m x 1 m de alto); se incrementará la separación de las bobinas hasta 0,8 m, aumentando la máxima altura del ESE ensayable (véase el área de 3 dB, en el plano ortogonal medio) hasta 1,2 m;
- una bobina rectangular, de 1 m x 2,6 m: volumen de ensayo 0,6 m x 0,6 m x 2 m de alto (0,2 y 0,3 m de distancia mínima del ESE a la bobina, respectivamente para las dimensiones horizontal y vertical del ESE); si la bobina de inducción está sujeta al PT, es suficiente considerar una distancia a él de 0,1 m.



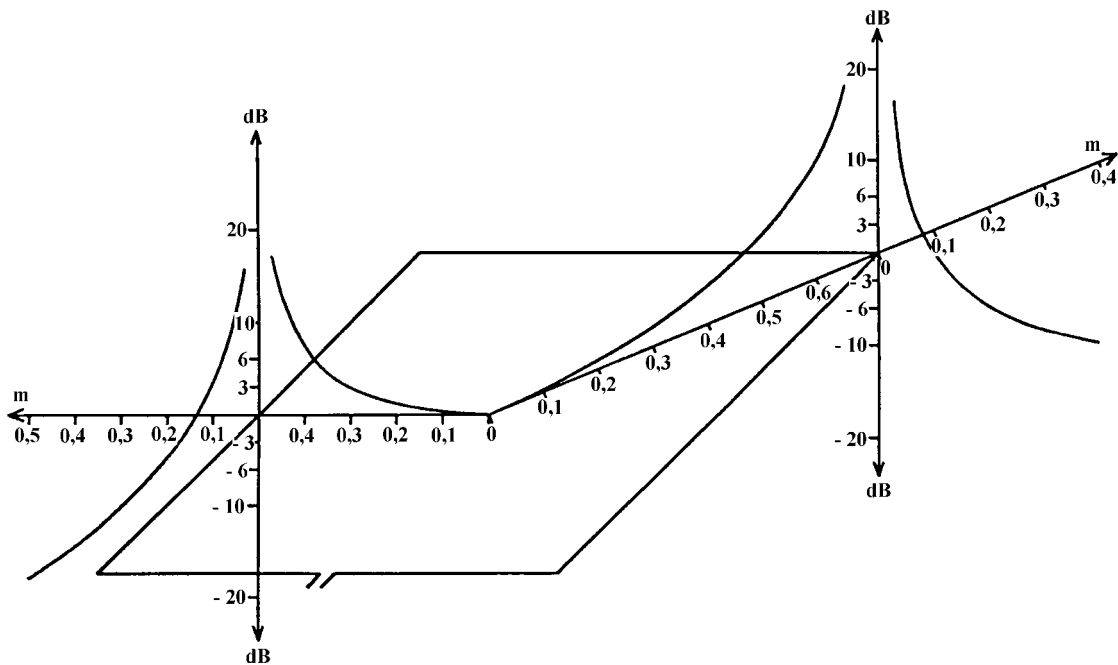


Fig. B.1 – Características del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano

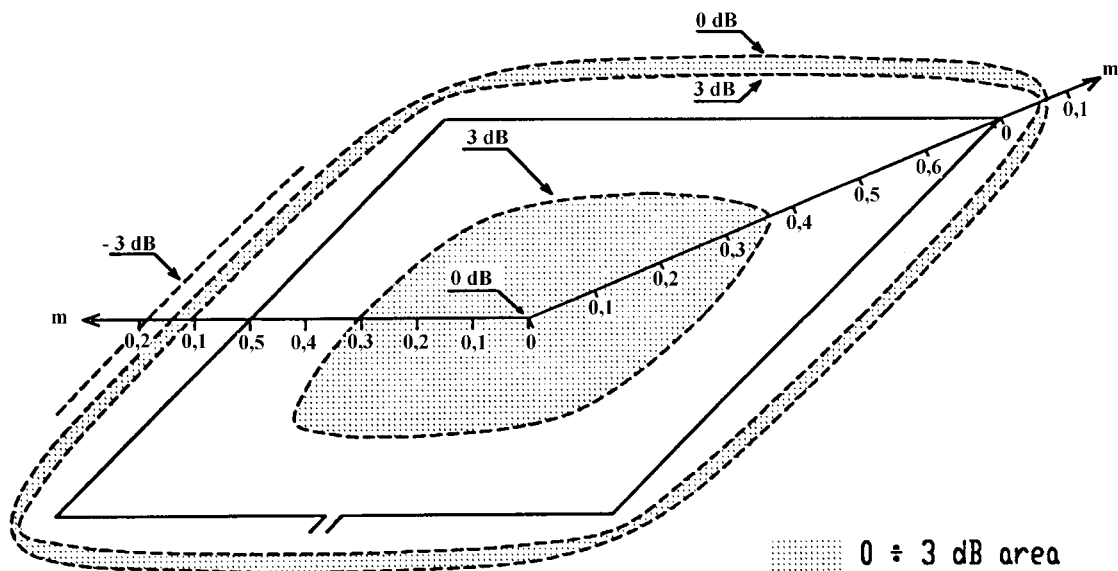


Fig. B.2 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en su plano

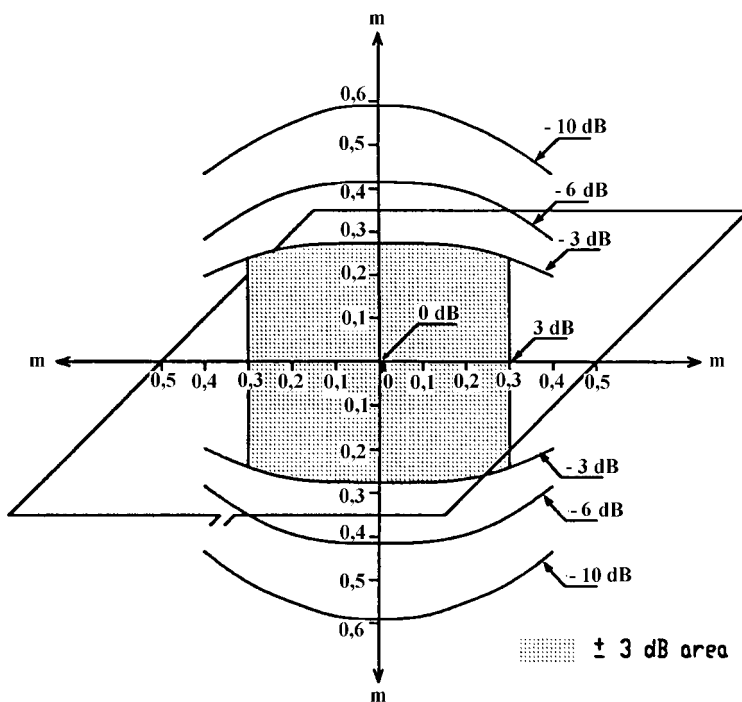


Fig. B.3 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción cuadrada (de 1 m de lado) en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)

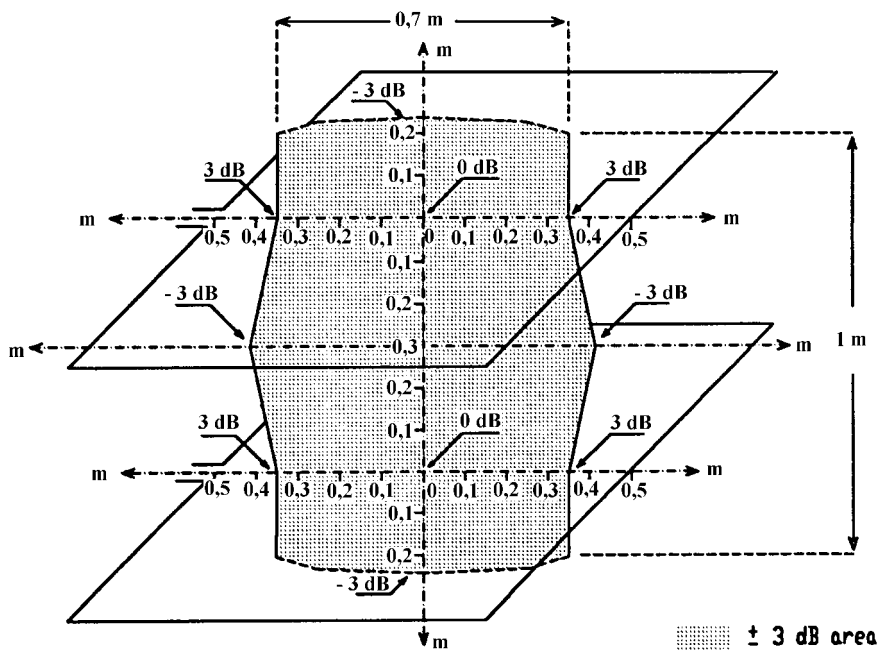


Fig. B.4 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadrada (de 1 m de lado) separadas 0,6 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)

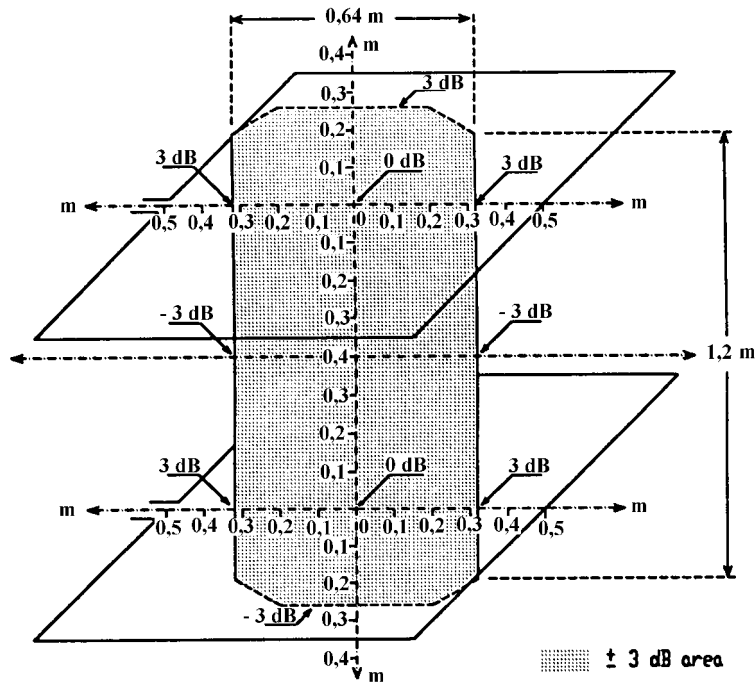


Fig. B.5 – Área a 3 dB del campo generado por dos bobinas de inducción cuadradas (de 1 m de lado) separadas 0,8 m, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de las bobinas)

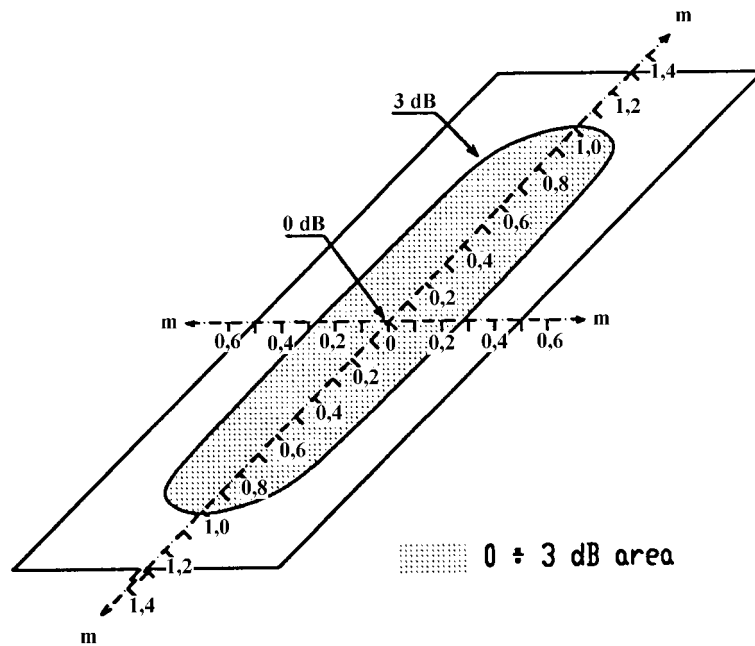


Fig. B.6 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano

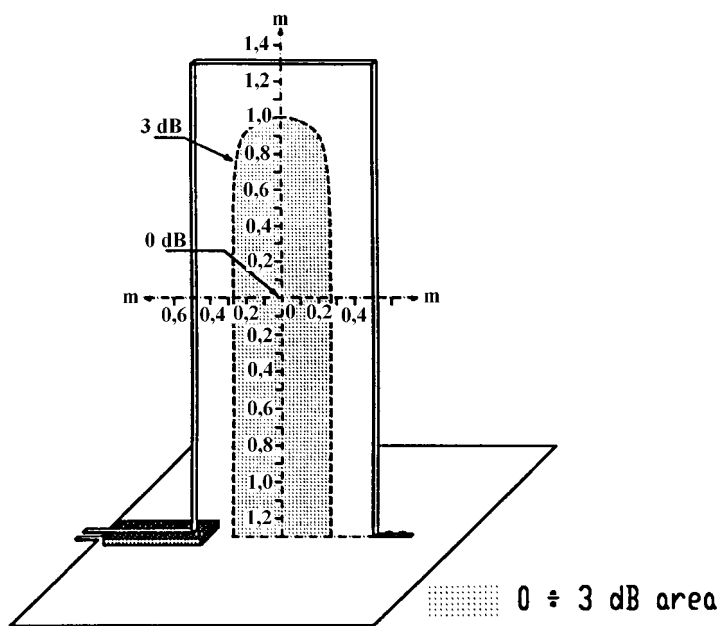


Fig. B.7 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) en su plano (considerando el plano de tierra como un lado de la bobina)

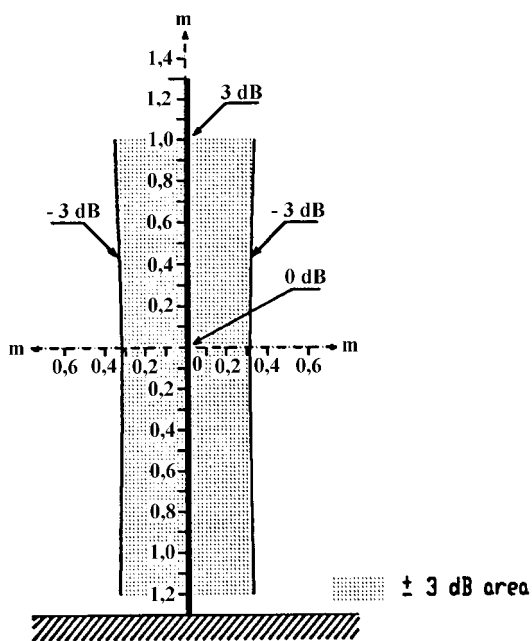


Fig. B.8 – Área a 3 dB del campo generado por una bobina de inducción rectangular (1 m x 2,6 m) con plano de tierra, en el plano ortogonal medio (componente ortogonal al plano de la bobina)

## ANEXO C (Informativo)

### SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO

Los niveles de ensayo deberán seleccionarse en función de las condiciones reales de entorno y de instalación.

Estos niveles son los expuestos en el capítulo 5.

Los ensayos de inmunidad están en relación con estos niveles con el fin de establecer un nivel de funcionamiento para las condiciones de entorno en las que se espera que trabaje el equipo.

El nivel del ensayo deberá elegirse de acuerdo con:

- el entorno electromagnético;
- la proximidad de fuentes de perturbaciones al equipo considerado;
- los márgenes de compatibilidad.

Basándose en las prácticas de instalación habituales, a continuación se indica una guía para efectuar la selección del nivel de ensayo con campos magnéticos oscilatorios amortiguados:

Clase 1: El ensayo no es aplicable a este entorno, en el que se emplean dispositivos sensibles que utilizan un haz electrónico (monitores, microscopios electrónicos, etc., son representativos de este tipo de dispositivos).

Clase 2: Entorno muy protegido

El ensayo no es aplicable a este tipo de entorno porque las zonas relacionadas no están sometidas a la influencia de las maniobras de conmutación de seccionadores de alta tensión.

Las zonas protegidas de las instalaciones industriales y las subestaciones de alta tensión pueden ser representativas de esta clase de entornos.

Clase 3: Entorno protegido

El entorno se caracteriza por circuitos de media tensión y barras de alta tensión conmutadas por seccionadores situados lejos del equipo que se estudia (a unas centenas de metros).

Las salas de ordenadores de las subestaciones son representativas de esta clase de entorno.

Clase 4: Entornos típicamente industriales

El entorno se caracteriza por circuitos de media tensión y circuitos de alta tensión de seccionadores situados a relativa distancia del equipo que se estudia (a unas decenas de metros).

La industria pesada, las centrales eléctricas y las salas de control de las subestaciones son representativas de esta clase de entornos.

Clase 5: Entorno de gran densidad industrial

El entorno se caracteriza por:

- proximidad de barras de media y alta tensión;
- proximidad a equipos eléctricos de gran potencia.

Clase X: Entornos especiales

La mayor o menor separación entre las fuentes que originan interferencias y los circuitos, cables, líneas, etc., y la calidad de las instalaciones puede requerir el uso de niveles de entorno mayores o menores que los aquí descritos.

Debe tenerse en cuenta que las líneas de los equipos de un nivel mayor pueden penetrar en un entorno de menor severidad.

**ANEXO D** (Informativo)

**INFORMACIÓN SOBRE LA INTENSIDAD DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS**

Los datos se limitan a prever el estado del entorno y las medidas en campo durante la operación de los seccionadores de alta tensión.

La predicción del campo magnético en las barras de alta tensión, durante la apertura de los seccionadores da valores superiores a 100 A/m (valor de cresta).

Las medidas llevadas a cabo con sensores de banda ancha en diferentes localizaciones de la subestación de alta tensión, muestran valores desde 10 A/m (valor de cresta) en las inmediaciones de la subestación hasta 100 A/m (valor de cresta) en las proximidades de transformadores de tensión capacitivos.

**ANEXO E (Informativo)****FRECUENCIA DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS OSCILATORIOS AMORTIGUADOS**

El fenómeno es típico del cierre de seccionadores de alta tensión en subestaciones, y en particular en barras de alta tensión.

Las operaciones de apertura y cierre de seccionadores provocan transitorios con un frente de onda de un orden de decenas ns; en la propagación en circuitos de alta tensión (barras) estos fenómenos se atenúan a través de las capacidades asociadas a las estructuras de los equipos de alta tensión.

El frente de onda de tensión tiene una evolución que incluye reflexiones debidas a la desadaptación de la impedancia característica de los circuitos de alta tensión afectados. A este respecto, la tensión e intensidad transitorias resultantes están caracterizadas por una frecuencia fundamental de oscilación que depende de la longitud del circuito y del tiempo de propagación.

El valor de cresta de la intensidad transitoria, que genera el campo magnético objeto de esta parte de la norma, está directamente relacionado con el valor de cresta de la tensión en barras y con su impedancia característica; la tensión alcanza un valor de aproximadamente dos veces la tensión de la fase de cresta del sistema de alta tensión, y la corriente (determinada también a partir de la impedancia característica de los circuitos) es de unos 2 kA (valor de cresta).

La frecuencia de oscilación se determina a partir de la longitud del circuito de alta tensión y por la inductancia propia de los circuitos de alta tensión ( $1 \mu\text{H/m}$ ), capacidades en serie de los interruptores de los condensadores de reparto (500 pF), capacidades de los transformadores de tensión capacitivos (algunos nF), de los transformadores de intensidad (300 pF) y de los soportes de alta tensión (20 pF cada uno).

El rango de la frecuencia de oscilación se extiende desde unos 100 kHz a unos pocos MHz, dependiendo de la influencia de los parámetros ya mencionados y de la longitud de las barras, que puede variar desde unas decenas de metros a cientos de metros (hay parques con 400 m de longitud de barras).

A este respecto puede considerarse una frecuencia de oscilación de 1 MHz como representativa de la mayoría de los casos, si bien se considera una frecuencia de 100 kHz para subestaciones grandes.

La frecuencia de repetición es variable y, considerando que el resto de parámetros se mantienen constantes, es función de la distancia entre los contactos de los seccionadores: con los contactos cerrados, hay una frecuencia máxima de repetición, mientras que para distancias entre los contactos en el límite de extinción del arco, la frecuencia mínima de repetición para cada fase es dos veces la frecuencia de la red (100/s para 50Hz y 120/s para sistemas de 60 Hz), pero sin embargo, para estas frecuencias se obtienen unas intensidades máximas de los campos magnéticos.

La frecuencia de repetición seleccionada para los campos de ensayo de 0,1 MHz y 1 MHz representan por lo tanto un compromiso, teniendo en cuenta la duración del fenómeno, la representatividad de las diferentes frecuencias y los problemas relativos a la potencia del generador de ensayo.



## 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.

<b>Norma IEC</b>	<b>Fecha</b>	<b>Título</b>	<b>EN/HD</b>	<b>Fecha</b>	<b>Norma UNE correspondiente<sup>1)</sup></b>
68-1	1988	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.	HD 323.1 S2	1988	20501-1:1994

---

1) Esta norma se ha introducido sobre el anexo original de la Norma Europea únicamente con carácter informativo a nivel nacional.

---

---

**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**