

Julio 2003

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida**

**Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos,  
radiados y de radiofrecuencia**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-3: Testing and measurement techniques. Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure. Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-3 de abril de 2002, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-4-3:2002.

### OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 61000-4-3 de marzo de 1998, UNE-EN 61000-4-3/A1 de septiembre de 1999 y UNE-EN 61000-4-3/A2 de diciembre de 2001 antes de 2005-04-01.

### ANTECEDENTES

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



Versión en español

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida**  
**Ensayos de inmunidad a los campos**  
**electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia**  
(CEI 61000-4-3:2002)

**Electromagnetic compatibility (EMC).**  
**Part 4-3: Testing and measurement**  
**techniques. Radiated, radio-frequency,**  
**electromagnetic field immunity test.**  
(IEC 61000-4-3:2002)

**Compatibilité électromagnétique (CEM).**  
**Partie 4-3: Techniques d'essai et de**  
**mesure. Essai d'immunité aux champs**  
**électromagnétiques rayonnés aux**  
**fréquences radioélectriques.**  
(CEI 61000-4-3:2002)

**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).**  
**Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren.**  
**Prüfung der Störfestigkeit gegen**  
**hochfrequente elektromagnetische Felder.**  
(IEC 61000-4-3:2002)

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2002-04-01. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

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

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

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

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

### ANTECEDENTES

El texto del documento 77B/339/FIS, futura edición 2 de la Norma Internacional CEI 61000-4-3, preparado por el Subcomité SC 77B, *Fenómenos de alta frecuencia*, del Comité Técnico TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de CEI, fue sometido a voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-3 el 2002-04-01.

Esta norma sustituye a la Norma Europea EN 61000-4-3:1996 + A1:1998 + A2:2001.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la norma europea debe adoptarse a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 2003-01-01
- Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con esta norma (dow) 2005-04-01

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 J y ZA son normativos y los anexos A a I son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

### DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 61000-4-3:2002 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN .....	7
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA .....</b>	<b>8</b>
<b>3 GENERALIDADES .....</b>	<b>8</b>
<b>4 DEFINICIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>5 NIVELES DE ENSAYO .....</b>	<b>11</b>
<b>6 EQUIPO DE ENSAYO .....</b>	<b>12</b>
<b>7 INSTALACIÓN DE ENSAYO .....</b>	<b>15</b>
<b>8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO .....</b>	<b>16</b>
<b>9 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS E INFORMES .....</b>	<b>18</b>
<b>10 INFORME DE ENSAYO .....</b>	<b>18</b>
<b>ANEXO A (Informativo) JUSTIFICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LA MODULACIÓN EN LOS ENSAYOS RELATIVOS A LA PROTECCIÓN CONTRA LAS EMISIONES A FRECUENCIAS RADIOELÉCTRICAS DE LOS RADIOTELÉFONOS DIGITALES .....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO B (Informativo) ANTENAS GENERADORAS DE CAMPO .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO C (Informativo) USO DE CÁMARAS ANECOICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO D (Informativo) OTROS MÉTODOS DE ENSAYO. CELDAS TEM Y CELDAS TEM ABIERTAS .....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO E (Informativo) OTRAS INSTALACIONES DE ENSAYO .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO F (Informativo) INFORMACIÓN PARA LOS COMITÉS DE PRODUCTOS SOBRE LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO G (Informativo) MEDIDAS ESPECIALES PARA LOS EMISORES FIJOS .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO H (Informativo) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO I (Informativo) DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO J (Normativo) MÉTODO ALTERNATIVO DE ILUMINACIÓN PARA FRECUENCIAS POR ENCIMA DE 1 GHz (“MÉTODO DE LAS VENTANAS INDEPENDIENTES”) .....</b>	<b>44</b>

<b>Figura 1</b>	<b>Definición del nivel de ensayo y de las formas de onda en la salida del generador de ensayo .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Ejemplo de instalación de ensayo.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Calibración del campo .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Calibración del campo, dimensiones del área uniforme .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo dispuesto sobre el suelo .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 1</b>	<b>Niveles de ensayo .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Margen de frecuencias: 800 MHz a 960 MHz y 1,4 GHz a 2,0 GHz.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla A.1</b>	<b>Comparación de los métodos de modulación .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla A.2</b>	<b>Niveles relativos de ruido (nota 1).....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla A.3</b>	<b>Niveles de inmunidad relativos (nota 1) .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla F.1</b>	<b>Ejemplos de niveles de ensayo, distancias de protección asociadas y sugerencias de criterios de aptitud a la función .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla I.1</b>	<b>Unidades móviles y portátiles.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla I.2</b>	<b>Estaciones base .....</b>	<b>43</b>

## INTRODUCCIÓN

Esta norma forma parte de la serie de Normas Internacionales CEI 61000, 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 estos límites no están bajo la responsabilidad de los comités de productos)

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

Técnicas de medida

Técnicas de ensayo

### Parte 5: Guías de instalación y de atenuación

Guías de instalación

Métodos y dispositivos de atenuación

### Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez dividida en secciones que serán publicadas como normas internacionales o como Informes Técnicos.

Esta sección es una norma que da requisitos de inmunidad y procedimientos de ensayo relativos a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida**  
**Ensayos de inmunidad a los campos**  
**electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia**

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección de la Norma CEI 61000-4 se aplica a la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos a la energía electromagnética radiada. Esta define los niveles y los procedimientos de ensayo requeridos.

Esta sección tiene por objeto establecer una referencia común para la evaluación de las características de funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos sometidos a campos electromagnéticos de frecuencias radioeléctricas. No es necesario realizar ensayos a otras frecuencias de las indicadas en el capítulo 5 de esta norma. La posible introducción en un futuro de nuevos servicios de radio que puedan degradar el funcionamiento de los equipos eléctricos o electrónicos, puede resultar en la especificación de nuevos niveles de ensayo indicados en otras bandas de frecuencia.

Esta sección trata los ensayos de inmunidad relativos a casos en general. Se dedican consideraciones particulares a la protección contra las emisiones a las frecuencias radioeléctricas de radioteléfonos digitales.

NOTA – En esta sección se definen los métodos de ensayo para medir el efecto de las radiaciones electromagnéticas sobre los equipos que interesen. La simulación y las medidas de las radiaciones electromagnéticas no son lo suficientemente exactas como para determinar cuantitativamente los efectos. Los métodos de ensayo definidos han sido puestos a punto principalmente para obtener una buena reproducibilidad de los resultados para diferentes instalaciones de ensayo para un análisis cualitativo de los efectos.

En esta sección no se trata de especificar los ensayos a aplicar a equipos o sistemas particulares. El objetivo principal es dar una referencia básica general para todos los comités de producto de CEI implicados. Los comités de producto (o los fabricantes y usuarios de equipos) son los responsables de una adecuada selección de los ensayos y del nivel de severidad a aplicar a los equipos.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación estaban en vigor las ediciones indicadas. 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 y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

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

CEI 61000-4-6:1996 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4 técnicas de ensayo y de medida. Sección 6 inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia.*

## 3 GENERALIDADES

La mayor parte de los equipos electrónicos están afectados de alguna manera por la radiación electromagnética. Esta radiación se genera frecuentemente por fuentes tales como pequeños transmisores-receptores portátiles de radio utilizados por el personal dedicados a servicios, mantenimiento y seguridad, transmisores de radio y televisión de estaciones fijas, transmisores de radio a bordo de vehículos y diversas fuentes electromagnéticas industriales.

En los últimos años se ha constatado un aumento significativo del uso de radioteléfonos y otros emisores funcionando a frecuencias comprendidas entre 0,8 GHz y 3 GHz. Muchos de estos servicios utilizan métodos de modulación con envolvente no constante (por ejemplo, AMDT).



Además de la energía electromagnética generada deliberadamente, también existen radiaciones espurias producidas por aparatos de soldadura, tiristores, iluminación fluorescente, conmutadores de cargas inductivas, etc. En la mayor parte de los casos, estas perturbaciones se manifiestan como interferencias eléctricas conducidas, de las que la norma se ocupa en otra parte. Los métodos empleados para prevenir los efectos de los campos electromagnéticos reducen también normalmente los producidos por otras fuentes.

El entorno electromagnético está determinado por la intensidad del campo electromagnético (intensidad de campo en voltios por metro). La intensidad del campo no es fácilmente medible sin una instrumentación compleja ni tampoco fácilmente calculable por las ecuaciones y fórmulas clásicas, debido al efecto de las estructuras circundantes o a la proximidad de otros equipos que pueden distorsionar y/o reflejar las ondas electromagnéticas.

#### 4 DEFINICIONES

Para los fines de esta sección de la Norma CEI 61000-4, se aplican las siguientes definiciones, junto con aquellas de la Norma CEI 60050(161).

**4.1 modulación de amplitud:** Proceso por el cual se varía la amplitud de una onda portadora según una ley especificada.

**4.2 cámara anecoica:** Recinto apantallado recubierto en sus superficies internas con elementos absorbentes de radiofrecuencia para reducir las reflexiones en dicha superficie.

**4.2.1 cámara completamente anecoica:** Recinto apantallado recubierto totalmente en sus superficies internas con material absorbente.

**4.2.2 cámara semianecoica:** Recinto apantallado recubierto en sus superficies internas con material absorbente excepto el suelo, el cual debe ser reflectante (plano de tierra).

**4.2.3 cámara semianecoica modificada:** Cámara semianecoica que lleva absorbentes adicionales instalados en el plano de tierra.

**4.3 antena:** Transductor que, o bien emite al espacio energía de radiofrecuencia producida por una fuente de señal, o bien intercepta un campo electromagnético incidente, convirtiéndolo en una señal eléctrica.

**4.4 simetrizador (transformador simétrico-asimétrico):** Dispositivo que transforma una tensión asimétrica en una tensión simétrica o viceversa [VEI 161-04-34].

**4.5 ondas continuas (OC):** Ondas electromagnéticas, cuyas oscilaciones sucesivas son idénticas bajo condiciones estables, pudiendo ser interrumpidas o moduladas para el envío de información.

**4.6 onda electromagnética:** Energía radiante producida por la oscilación de una carga eléctrica caracterizada por la oscilación de los campos eléctrico y magnético.

**4.7 campo lejano:** Región en la que la densidad del flujo de potencia procedente de una antena sigue aproximadamente una ley inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Para un dipolo esto corresponde a distancias mayores que  $\lambda/2\pi$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda de la radiación.

**4.8 intensidad de campo:** El término "intensidad del campo" se refiere sólo a medidas realizadas en campo lejano. Las medidas pueden corresponder bien a la componente magnética, bien a la componente eléctrica del campo y puede expresarse en V/m, A/m o  $\text{W}/\text{m}^2$ ; cualquiera de ellas puede convertirse en las otras.

NOTA – Para medidas realizadas en campo próximo, el término "intensidad de campo eléctrico" o "intensidad de campo magnético" se utiliza dependiendo de si se mide la resultante del campo eléctrico o magnético, respectivamente. En esta región del campo, la relación entre la intensidad de campo eléctrico y magnético con la distancia es compleja y difícil de predecir, dependiendo de la configuración específica. Considerando que generalmente no es factible determinar la relación de fase espacio-temporal de las distintas componentes del campo complejo, la densidad de flujo de potencia del campo queda igualmente sin determinar.

**4.9 banda de frecuencia:** Margen continuo de frecuencias extendido entre dos límites.

**4.10 campo de inducción:** Campo eléctrico y/o magnético predominante a una distancia  $d < \lambda/2n$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda y las dimensiones físicas de la fuente son mucho menores que la distancia  $d$ .

**4.11 isotrópico:** Propiedad (de una magnitud) de presentar valores iguales en todas las direcciones.

**4.12 polarización:** Término utilizado para describir la orientación del vector campo eléctrico de un campo radiado.

**4.13 recinto apantallado:** Habitáculo metálico cerrado por una superficie continua o pantalla, diseñado expresamente para aislar su interior del campo electromagnético exterior circundante. El fin es evitar que los campos electromagnéticos del entorno produzcan degradaciones de funcionamiento, así como que las emisiones interiores produzcan interferencias en las actividades externas.

**4.14 línea TEM con placas:** Línea de transmisión formada por dos placas paralelas entre las que se propaga una onda en modo electromagnético transversal para producir un campo determinado con fines de ensayo [VEI 161-04-31].

**4.15 radiación espúrea:** Cualquier emisión electromagnética no deseada producida por un aparato eléctrico.

**4.16 barrido:** Recorrido continuo o por pasos a lo largo de un margen de frecuencias.

**4.17 transmisor-receptor:** Combinación de un transmisor y un receptor de radio dentro de un mismo habitáculo.

**4.18 equipo portado por un cuerpo humano:** Equipo previsto para su utilización siendo portado sobre un cuerpo humano. En esta definición se incluyen los dispositivos portátiles portados por las personas durante su funcionamiento (por ejemplo, los dispositivos de bolsillo) así como las prótesis electrónicas y los implantes.

**4.19 valor eficaz máximo:** El mayor valor eficaz de corta duración de una señal de frecuencia radioeléctrica modulada durante un tiempo de observación de un periodo de modulación. El valor eficaz de corta duración se evalúa sobre un sólo periodo de la portadora. Por ejemplo, en la figura 1b), la tensión eficaz máxima es la siguiente:

$$V_{\text{valor eficaz máximo}} = V_{p-p} / (2 \times \sqrt{2}) = 1,8 \text{ voltios}$$

**4.20 modulación con envolvente no constante:** Clase de modulación en la que la amplitud de la onda portadora varía lentamente en el tiempo en comparación con el periodo de la misma portadora. Como ejemplos se tienen la modulación convencional en amplitud y la AMDT.

**4.21 AMDT (acceso múltiple por división en el tiempo).** Clase de modulación con multiplexado temporal por la que se sitúan varios canales de comunicaciones sobre la misma onda portadora a una frecuencia asignada. A cada canal se le atribuye un tramo de tiempo durante el cuál, si éste está activado, la información se transmite a modo de impulso de potencia a frecuencia radioeléctrica. Si el canal no está activado, no se transmite ningún impulso, y por tanto la envolvente de la portadora no es constante. Durante el impulso, la amplitud es constante y la portadora a frecuencia radioeléctrica se modula en frecuencia o en fase.

## 5 NIVELES DE ENSAYO

### 5.1 Niveles de ensayo referidos a casos generales

En la tabla 1 se indica el margen preferencial de los niveles de ensayo.

Margen de frecuencias: 80 MHz a 1 000 MHz.

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

Nivel	Intensidad de campo del ensayo
	V/m
1	1
2	3
3	10
x	Especial
NOTA – x es un nivel a determinar. Este nivel puede venir indicado en la norma de producto.	

La tabla 1 indica los valores de la intensidad de campo de la señal sin modular. Para el ensayo del equipo, esta señal se modula en amplitud al 80% con una onda sinusoidal de 1 kHz para simular la perturbación real (véase la figura 1). En el capítulo 8 se dan detalles sobre la forma de realización del ensayo.

NOTA 1 – Los comités de producto pueden decidir sobre la selección de una frecuencia de transición superior o inferior a 80 MHz entre la Norma CEI 61000-4-3 y la Norma CEI 61000-4-6 (véase el anexo H).

NOTA 2 – Los comités de producto pueden elegir otro tipo de modulación.

NOTA 3 – En la Norma CEI 61000-4-6 también se definen los métodos de ensayo de inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos a las radiaciones electromagnéticas. Cubre las frecuencias inferiores a 80 MHz.

### 5.2 Niveles de ensayo referidos a la protección contra las emisiones de frecuencias radioeléctricas de los teléfonos digitales

El margen preferencial de niveles de ensayo se indica en la tabla 2 para el margen de frecuencias entre 800 MHz a 960 MHz y de 1,4 GHz a 2,0 GHz.

**Tabla 2**  
**Margen de frecuencias: 800 MHz a 960 MHz y 1,4 GHz a 2,0 GHz**

Nivel	Intensidad de campo del ensayo
	V/m
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Especial
NOTA – x es un nivel a determinar. Este nivel puede venir indicado en la norma de producto.	

En la columna relativa al valor del campo de ensayo se indican valores de la portadora no modulada. Para el ensayo del equipo, esta portadora se modula en amplitud al 80% con una onda sinusoidal de 1 kHz para simular la perturbación real (véase la figura 1). La descripción del ensayo viene indicada en el capítulo 8.

En el caso de que el producto esté previsto que sea conforme solamente con las exigencias de determinados países, el margen de medidas entre 1,4 GHz a 2,0 GHz puede reducirse para que se cubran solamente las bandas de frecuencias asignadas a los radiotéfonos digitales específicos de esos países. En ese caso, debe especificarse en el informe de ensayo la decisión de efectuar ensayos en las bandas reducidas de frecuencias.

Los comités de producto deben especificar el nivel de ensayo aplicable para cada una de los márgenes de frecuencias. En el margen de frecuencias mencionadas conjuntamente en las tablas 1 y 2, sólo es necesario efectuar el ensayo con el mayor de los dos valores.

NOTA 1 – En el anexo A se incluye una explicación de la selección de la modulación sinusoidal también para los ensayos relativos a la protección contra las emisiones a frecuencias radioeléctricas de los radiotéfonos digitales.

NOTA 2 – El anexo F contiene información para la selección de los niveles de ensayo.

NOTA 3 – Los márgenes de medidas de la tabla 2 son las bandas de frecuencias generalmente asignadas a los radiotéfonos digitales (el anexo I contiene la lista de las frecuencias asignadas a los radiotéfonos digitales específicamente conocidos en el momento de la publicación de esta modificación).

NOTA 4 – La principal amenaza por encima de 800 MHz viene de los sistemas de radiotéfonos. Otros sistemas que funcionan en este margen de frecuencias, por ejemplo las LAN que funcionan a 2,4 GHz, generalmente son de baja potencia (normalmente inferiores a 100 mW) siendo poco probable que presenten problemas importantes.

## 6 EQUIPO DE ENSAYO

Se recomiendan los siguientes elementos para los ensayos:

- *Cámara anecoica*: de dimensiones adecuadas para mantener un campo uniforme de suficiente magnitud respecto al (equipo sometido a ensayo) ESE. Se pueden utilizar elementos absorbentes adicionales para atenuar las reflexiones en la cámaras que no están completamente recubiertas.

NOTA – Existen métodos alternativos de generación de campos electromagnéticos que incluyen celdas TEM y celdas TEM abiertas, cámaras apantalladas, cámaras apantalladas parcialmente recubiertas de material absorbente y lugares de ensayo en campo abierto.

Estos dispositivos limitan las dimensiones de los equipos que pueden alojarse dentro del volumen del campo uniforme, así como los márgenes de frecuencias o infringir las reglamentaciones locales.

Debería ponerse atención para garantizar que las condiciones del ensayo sean equivalentes a las de una cámara anecoica.

- *Filtros de rechazo a las perturbaciones electromagnéticas*: debe asegurarse que los filtros no introduzcan efectos de resonancia en las líneas a las que se conectan.
- *Generador(es) de señal de frecuencias radioeléctricas (RF)* capaces de cubrir la banda de frecuencias adecuada, y de ser capaz de modular en amplitud con una onda sinusoidal de 1 kHz y una profundidad del 80%. Deben tener la capacidad, bien de barrido automático de  $1,5 \times 10^{-3}$  décadas/s o menor, o en caso de incluir sintetizadores de radiofrecuencia, programarse por pasos de frecuencia y tiempos de barrido. También se deben poder utilizar manualmente.

Puede ser necesario el uso de filtros paso-bajo o paso-banda para evitar problemas causados por armónicos en los equipos destinados a propósitos de monitorización.

- *Amplificadores de potencia*: para amplificar señales (moduladas y no moduladas) y proveer la excitación de antena al nivel de campo necesario. Los armónicos y la distorsión provocados por los amplificadores deben tener un nivel inferior o igual a 15 dB por debajo del nivel de la portadora.

- *Antenas de generación de campo (véase el anexo B):* bicónicas, logarítmica-periódica o cualquier otro sistema de antenas con polarización lineal, capaz de satisfacer los requisitos de frecuencia. Las antenas polarizadas circularmente están en estudio.
- *Antena de monitorización de la intensidad de campo con polarización horizontal y vertical o isotrópica* con dipolos de aproximadamente 0,1 m de longitud total o menor, con la adecuada inmunidad del dispositivo amplificador y optoelectrónico a la intensidad del campo que se debe medir y con un enlace en fibra óptica al medidor exterior de la cámara. También puede utilizarse una adecuada conexión de señal correctamente filtrada.

### 6.1 Descripción de las instalaciones para los ensayos

Debido a la magnitud de las intensidades de los campos generados, y para cumplir con las diversas reglamentaciones nacionales e internacionales que prohíben interferencias en las radiocomunicaciones, los ensayos se deben realizar en un recinto apantallado. Además, puesto que la mayor parte de los equipos de ensayo utilizados en la captación de datos son sensibles a los campos electromagnéticos locales generados durante la realización de las pruebas de inmunidad, los recintos apantallados constituyen la "barrera" necesaria entre el equipo sometido a ensayo (ESE) y la correspondiente instrumentación requerida. Debe tenerse en cuenta que el cableado de interconexión, que se lleva hasta el interior del recinto apantallado, atenúe adecuadamente las emisiones radiadas y conducidas y preserve la integridad de las respuestas en señal y potencia del ESE.

La instalación de ensayo recomendada consiste en un recinto apantallado recubierto de elementos absorbentes, que debe ser lo suficientemente grande para acomodar el ESE permitiendo al mismo tiempo un control adecuado de la intensidad del campo. Los recintos apantallados asociados, deben acomodar la generación del campo, el equipo de monitorización y el equipo que actúa sobre el ESE. Esto incluye cámaras anecoicas o semianecoicas modificadas. La figura 2 muestra un ejemplo de todo ello.

Las cámaras anecoicas son menos eficaces a frecuencias más bajas. Por ello debe prestarse atención para asegurar la uniformidad del campo generado a dichas frecuencias. En el anexo C se trata más detalladamente.

### 6.2 Calibración del campo

La finalidad de la calibración del campo es asegurar que su uniformidad sobre la muestra de ensayo sea suficiente para asegurar la validez de los resultados. No se modula durante la calibración para asegurar una indicación correcta de cualquier sensor de campo.

La Norma CEI 61000-4-3 utiliza el concepto de "área uniforme" (véase la figura 3), que corresponde al de un plano vertical hipotético del campo en el cual las variaciones son lo bastante pequeñas para ser aceptables. Éste área uniforme es de 1,5 m × 1,5 m, pero puede ser menor a condición de que el ESE y su cableado puedan exponerse por entero; el tamaño del área uniforme no debe ser inferior a 0,5 m × 0,5 m (es decir, una malla con cuatro puntos).

En la instalación del ensayo, la cara iluminada del ESE expuesta debe coincidir con el plano citado (véanse las figuras 5 y 6).

Como es imposible establecer un campo uniforme próximo a un plano de referencia de tierra, el área calibrada se sitúa a una altura no inferior a 0,8 m sobre dicho plano y, si es posible, el ESE se coloca a dicha altura.

Para llevar a cabo con el debido rigor el ensayo de los ESE y de los conductores que se deben ensayar en la proximidad al plano de referencia de tierra, o que tienen unas dimensiones superiores a 1,5 m × 1,5 m, se registra la intensidad del campo también a una altura de 0,4 m, y a todo lo ancho y alto del ESE, debiéndose hacer la correspondiente mención en el informe del ensayo.

El área uniforme se calibra en un recinto vacío. Se anota y conserva la configuración y la posición de la antena, los absorbentes suplementarios (si se usan), etc. Estos pueden de ese modo emplearse en la verificación de la cámara lo que se realiza antes de cada serie de ensayos (véase el capítulo 8). Se admite que se realice por lo menos un calibrado completo una vez al año y cuando se hayan efectuado cambios en la configuración de la cámara (absorbente reemplazado, área modificada, cambio de equipos, etc.).

La antena emisora debe colocarse a una distancia suficiente para permitir un área de calibración de  $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ , que se encuentre dentro del haz del campo radiado. Si el área que ocupa la cara del ESE sobrepasa  $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ , entonces debe efectuarse una calibración disponiendo diferentes emplazamientos de la antena emisora para permitir que el ESE quede expuesto a lo largo de una serie de ensayos (“iluminación parcial”). O:

- debe realizarse una calibración en diferentes posiciones de la radiación de la antena de tal manera que las diferentes áreas de calibración combinadas cubran toda el área ocupada por la cara del ESE; el ESE se ensaya con la antena en cada una de esas posiciones sucesivamente;
- o que el ESE se mueva en diferentes posiciones, de tal manera que cada una de estas partes caiga en el interior de la superficie de calibración durante al menos uno de estos ensayos.

Si un área de calibración correspondiente a la cara de un ESE mayor de  $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$  puede satisfacer el requisito de campo uniforme, no se necesitan iluminaciones parciales.

Si el requisito de este apartado se puede satisfacer hasta un cierto límite de frecuencia (mayor que 1 GHz), por ejemplo porque el ancho de haz de la antena es insuficiente para iluminar simultáneamente el ESE entero, entonces para frecuencias mayores que esta se usa el método descrito en el anexo J.

El sensor del campo debe estar a una distancia mínima de 1 m de la antena generadora del campo. Es preferible una distancia de 3 m entre la antena y el ESE. Esta distancia se toma a partir del centro de una antena biconica o de la extremidad de una antena logaritmo-periódica. En el informe del ensayo debe indicarse la distancia entre la antena emisora y el área utilizada en la calibración.

En caso de controversia, prevalecen las medidas realizadas a la distancia de 3 m.

Un campo se considera uniforme si su magnitud, en el área definida, se sitúa entre -0 dB y +6 dB de su valor nominal, dentro del 75% de su superficie (es decir, si al menos 12 de los 16 puntos medidos están dentro de la tolerancia).

Para la superficie mínima uniforme de  $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ , los 4 puntos de la malla deben estar dentro de la tolerancia.

NOTA – Para frecuencias distintas, pueden encontrarse puntos diferentes de medida dentro de la tolerancia.

Se eligió una tolerancia entre -0 dB y +6 dB para asegurarse que la intensidad del campo no caiga por debajo del valor nominal. La tolerancia de +6 dB se considera en la práctica como la mínima alcanzable para estas instalaciones de ensayo.

Se admite una tolerancia superior a +6 dB, hasta +10 dB, pero nunca menor de -0 dB, para un máximo del 3% de las frecuencias de ensayo, siempre que la tolerancia real se indique en el informe de ensayo. En caso de controversia, prevalece la tolerancia entre -0 dB y +6 dB.

El procedimiento para realizar la calibración, basado en una potencia constante, es el siguiente:

- a) colocar el sensor de campo en uno de los 16 puntos de la malla (véase la figura 4);
- b) aplicar una potencia incidente en la antena transmisora de modo que el valor obtenido de la intensidad de campo esté dentro del margen de 3 V/m a 10 V/m, a lo largo de todo el margen de frecuencias con un barrido en pasos del 1% de la frecuencia de partida (y por tanto de la frecuencia precedente), y registrar las dos lecturas (potencia e intensidad del campo);
- c) con la misma potencia incidente, medir y registrar la intensidad del campo en los 15 puntos restantes;
- d) teniendo en cuenta los 16 puntos, suprimir como máximo el 25% (es decir, 4 de los 16) de los que presenten una mayor desviación con respecto al valor medio, expresado en V/m;
- e) los restantes puntos deben estar dentro de una tolerancia de  $\pm 3 \text{ dB}$ ;

- f) para los puntos restantes, tomar como referencia la posición de aquel que presente el menor valor de intensidad de campo (para asegurar así una tolerancia entre -0 dB y +6 dB);
- g) conociendo la potencia incidente y la intensidad campo, se puede calcular la potencia incidente necesaria para la intensidad de campo requerida (por ejemplo, si en un punto dado 80 W dan 9 V/m, entonces son necesarios 8,9 W para conseguir 3 V/m). Ésta se debe registrar;
- h) repetir los pasos a) a g) para polarizaciones horizontal y vertical.

Un procedimiento equivalente consiste en establecer una intensidad de campo constante en el margen de 3 V/m a 10V/m y registrar la potencia incidente suministrada a la antena emisora. Deben respetarse las indicaciones señaladas en los apartados a), d), e), f) y h).

La calibración es válida para todos los ESE cuyas caras individuales (incluido el cableado) puedan estar contenidas enteramente en el "área uniforme".

Las antenas y el cableado utilizados en la calibración del campo se deben emplear en los ensayos. Dado que se utilizan las mismas antenas y cables, las pérdidas debidas al cableado y los factores de antena de las antenas emisoras no se tienen en cuenta.

Debe registrarse, en la medida de lo posible, la posición exacta de las antenas emisoras y de los cables. Dado que puede mortificarse el campo de manera significativa debido a pequeños desplazamientos, debe mantenerse la misma posición para los ensayos.

## **7 INSTALACIÓN DE ENSAYO**

El equipo debe ensayarse con una configuración lo más próxima posible a un caso real. El cableado debe cumplir con las recomendaciones del fabricante y el equipo debe estar en su habitáculo, equipado con todas sus tapas y paneles de acceso, salvo especificación en contra.

Si el equipo está destinado a instalarse sobre un panel, bastidor o armario, debe ensayarse con esa configuración.

No es necesario disponer de un plano metálico en el suelo. Si el material a ensayar debe instalarse sobre un soporte, este último no debe ser metálico ni conductor. Sin embargo, la puesta a tierra de la cubierta o caja del equipo debe cumplir con las recomendaciones de montaje dadas por el fabricante.

Cuando un ESE consta de componentes dispuestos sobre el suelo y sobre la mesa se deben mantener las posiciones relativas de sus elementos.

Posiciones típicas de un ESE se muestran en las figuras 5 y 6.

### **7.1 Instalación de un equipo de sobremesa**

El equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre una mesa de material no conductor de 0,8 m de alto.

NOTA – El empleo de soportes no conductores evita la puesta a tierra accidental del ESE y la distorsión del campo. En lo que concierne a este último punto, se recomienda emplear un soporte hecho enteramente de material no conductor en vez de revestimiento aislante sobre estructura metálica.

El equipo se conecta a continuación a los cables de alimentación y de señales conforme a las instrucciones de montaje aplicables.

### 7.2 Instalación de un equipo dispuesto sobre el suelo

El equipo debe colocarse sobre un soporte no conductor de 0,1 m por encima del plano del suelo. El empleo de soportes no conductores evita la puesta a tierra accidental del ESE y la distorsión del campo. En lo que concierne a este último punto, se debe emplear un soporte fabricado enteramente de material no conductor en vez de con revestimiento aislante sobre estructura metálica. Es posible instalar, sobre una plataforma no conductora de 0,8 m de altura, un equipo destinado a colocarse sobre el suelo en el caso de que no sea demasiado grande o pesado, o si su altura no es susceptible de causar peligro para la seguridad y si esta solución es solicitada expresamente por los comités de producto. Esta variante del método normalizado de ensayo se debe anotar en el informe del ensayo.

El equipo se conecta a continuación de los cables de alimentación y de señales conforme a las instrucciones de montaje aplicables.

### 7.3 Disposición del cableado

Si no se especifica el tipo de cableado a la entrada y salida del ESE, deben emplearse conductores paralelos no apantallados.

Los cables quedan expuestos al campo electromagnético dentro de la distancia de 1 m a partir del ESE.

El cableado que une los diferentes cubiertas del ESE debe tratarse de la manera siguiente:

- deben emplearse los tipos de cables y conectores especificados por el fabricante;
- si las especificaciones del fabricante exigen un cableado de una longitud igual o inferior a 3 m, debe utilizarse la longitud especificada. El cableado debe estar dispuesto en un haz, débilmente inductivo, de 1 m de longitud;
- si la longitud de cable especificado es superior a 3 m, o si no se ha especificado, la longitud expuesta debe ser de 1 m. El resto del cable debe estar desacoplado, por ejemplo a través de tubos de ferrita con pérdidas r.f..

El filtro de rechazo a perturbaciones electromagnéticas empleado no debe empeorar el funcionamiento del ESE. El método empleado se debe registrar en el informe de ensayo.

En una posición del ESE, los cables deben estar dispuestos paralelamente a la superficie uniforme del campo con el fin de minimizar la inmunidad.

Todos los resultados deben ir acompañados de una descripción completa de la posición del cableado y del equipo, así como de su orientación de modo que los resultados puedan repetirse.

La configuración de la parte expuesta de los cables, reunidos en haz, sirve para simular un cableado normal, es decir que el cableado vaya dispuesto lateralmente al ESE, después por la parte superior o inferior de este, de acuerdo con las instrucciones de instalación. La disposición horizontal/vertical permite situarse en las condiciones más desfavorables.

### 7.4 Disposición de un equipo montado sobre un cuerpo humano

Un equipo montado sobre un cuerpo humano puede ensayarse de la misma manera que un equipo de sobremesa. Sin embargo, esto puede llevar a una severidad muy fuerte o débil dado que no se tienen en cuenta las características del cuerpo humano. Por esta razón, los comités de productos se preocupan de especificar el uso de un simulador del cuerpo humano con sus características dieléctricas apropiadas.

## 8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El ESE debe ensayarse en las condiciones de funcionamiento y climáticas para las que está concebido. La temperatura y la humedad relativa deben registrarse en el informe de ensayo.



Los procedimientos de ensayo descritos en este capítulo se refieren a la utilización de antenas bicónicas y logaritmo-periódicas en una cámara semianecoica modificada. En el anexo D se dan indicaciones sobre otros procedimientos de ensayo.

Antes del ensayo, el valor de la intensidad del campo establecido debe controlarse colocando el sensor de campo en un punto de la malla empleada para el calibrado, y pudiéndose medir con la antena transmisora y los cables en la misma posición que la empleada durante la calibración, la potencia incidente necesaria para obtener el valor del campo calibrado. Esta potencia debe ser la misma que la registrada durante la calibración. Deben realizarse puntos de control para diferentes puntos de la malla dentro del margen de frecuencias a considerar. Las dos polarizaciones se deben controlar.

Después de verificar el calibrado, puede generarse el campo de ensayo empleándose los valores obtenidos durante la calibración (véase el apartado 6.2).

El ESE está inicialmente dispuesto con una de sus caras coincidiendo con el plano de calibrado.

El rango de frecuencias a considerar se barre con la señal modulada en amplitud en un 80% con una onda sinusoidal de 1 kHz, haciendo una pausa cuando sea necesario ajustar el nivel de la señal de r.f. o conmutar osciladores y antenas. La velocidad de barrido no debe exceder de  $1,5 \times 10^{-3}$  décadas/s. Cuando la gama de frecuencias se barre de forma incremental, el tamaño del paso no debe exceder el 1% del fundamental realizando una interpolación lineal entre los puntos calibrados.

NOTA La expresión "no exceda del 1% del fundamental" significa que la frecuencia de cada paso es menor o igual a la frecuencia del paso anterior multiplicado por el factor 1,01 (para un 1% del tamaño de paso).

El tiempo de permanencia en cada frecuencia no debe ser inferior al tiempo necesario para que el ESE sea activado y capaz de dar una respuesta. Las frecuencias sensibles (por ejemplo, la o las frecuencias de reloj) deben analizarse por separado.

El ensayo debe realizarse normalmente con la antena emisora enfrente de cada uno de los cuatro lados del ESE. Cuando un equipo puede utilizarse con diferentes orientaciones (es decir, horizontal o vertical), el ensayo debe efectuarse sobre todos los lados.

NOTA – Cuando el ESE está constituido por varios elementos, no es necesario modificar la posición relativa de cada uno de los elementos del ESE mientras se expone desde diferentes lados.

La polarización del campo generado por cada antena requiere ensayarse por cada lado dos veces, una vez posicionando la antena verticalmente, y una segunda vez con la antena posicionada horizontalmente.

Debe intentarse al máximo comprobar totalmente el ESE a fin de verificar su inmunidad en todos sus modos de funcionamiento críticos seleccionados.

Se recomienda emplear programas especiales de ensayo.

Los ensayos deben efectuarse conforme a un plan de ensayos que debe figurar en el informe.

Éste debe contener:

- el tamaño del ESE;
- las condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- si el ESE se ensaya como un equipo de sobremesa o dispuesto sobre el suelo, o una combinación de ambos. Para los equipos destinados a estar sobre el suelo, indicar si se ensaya a 0,1 m o a 0,8 m por encima del plano de suelo;
- el tipo de instalación de ensayo empleado y la posición de las antenas emisoras;

- el tipo de antenas a emplear;
- la velocidad de barrido de la frecuencia, tiempo de permanencia y pasos de frecuencia;
- el nivel de ensayo a aplicar;
- el o los tipos y el número de cables de interconexión empleados y el acceso (del ESE) al que deben conectarse;
- los criterios de funcionamiento aplicados;
- una descripción del método utilizado para comprobar el ESE.

Puede ser necesario efectuar ensayos preliminares para establecer ciertos aspectos del plan de ensayo.

La documentación del ensayo debe contener las condiciones del mismo, un informe de la calibración y los resultados del ensayo.

## **9 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS E INFORMES**

Los resultados del ensayo deben clasificarse en términos de la pérdida de función o de la degradación de funcionamiento del equipo sometido a ensayo, con relación al nivel de funcionamiento definido por su fabricante o por el demandante del ensayo, o por acuerdo entre el fabricante y el comprador del producto. La clasificación recomendada es la siguiente:

- a) funcionamiento normal en los límites especificados por el fabricante, el demandante del ensayo o el comprador;
- b) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento que cesa después de la desaparición de la perturbación; el equipo sometido a ensayo vuelve entonces a su funcionamiento normal sin la intervención del operador.
- c) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento que necesita la intervención del operador.
- d) pérdida de función o degradación del funcionamiento no recuperable, debido a un daño del equipo o soporte lógico, o a una pérdida de datos.

La especificación del fabricante puede definir efectos sobre el ESE que pueden considerarse como no significativos y por lo tanto aceptables.

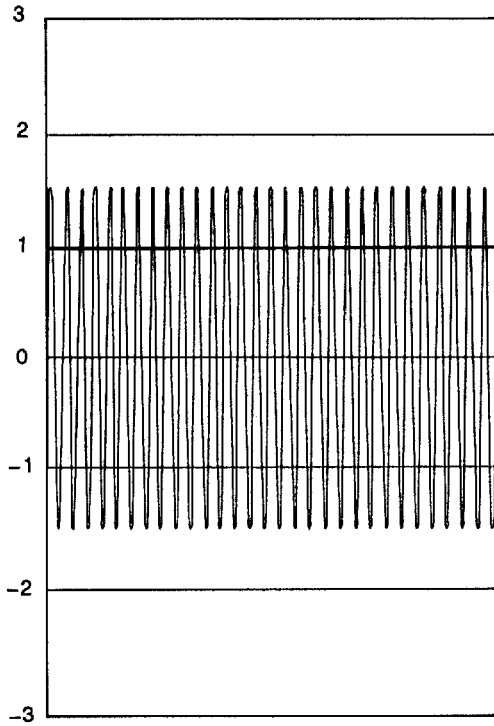
Esta clasificación se puede utilizar como un guía para la elaboración de los criterios de aptitud para la función, por los comités responsables de las normas genéricas, de producto y de familia de productos, o como marco de acuerdo sobre los criterios de aptitud para la función entre el fabricante y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

## **10 INFORME DE ENSAYO**

El informe de ensayo debe contener todas las informaciones necesarias para reproducir el ensayo. En particular, se debe anotar lo siguiente:

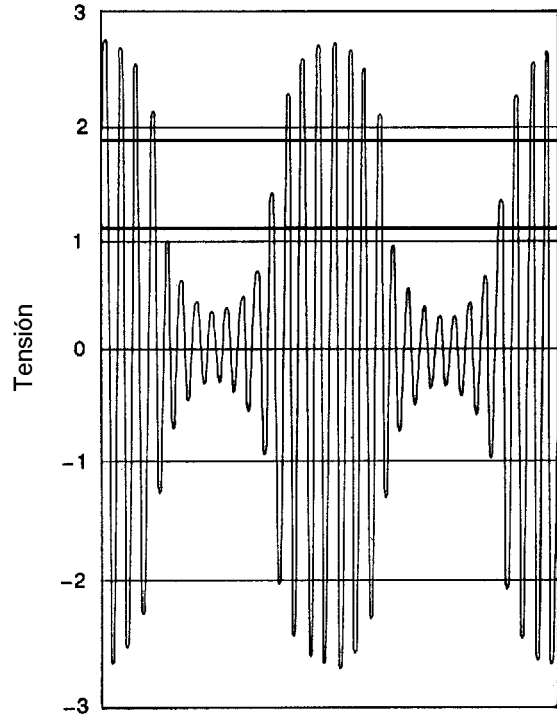
- los puntos especificados en el plan de ensayo requerido en el capítulo 8 de esta norma;
- la identificación del ESE y de todos los equipos asociados, por ejemplo, la marca, tipo, número de serie;
- la identificación del equipo sometido a ensayo, por ejemplo, la marca, tipo, número de serie;
- todas las condiciones de entorno especiales necesarias para permitir la realización del ensayo;

- todas las condiciones específicas necesarias para permitir la realización del ensayo;
- el nivel de funcionamiento definido por el fabricante, el demandante del ensayo o el comprador;
- el criterio de aptitud para la función especificado en la norma genérica, de producto o familia de productos;
- todos los efectos observados sobre el ESE durante o después de la aplicación de la perturbación, y la duración durante la que los efectos han persistido;
- la justificación de la decisión de éxito/fracaso (basado en el criterio de aptitud especificado en la norma genérica, de producto o familia de productos, o del acuerdo entre el fabricante y el comprador);
- todas las condiciones específicas de utilización, por ejemplo, la longitud o tipo de cable, apantallado o conectado a tierra, o las condiciones de funcionamiento del ESE, que se requieren para asegurar la conformidad.



a) Señal de RF sin modular

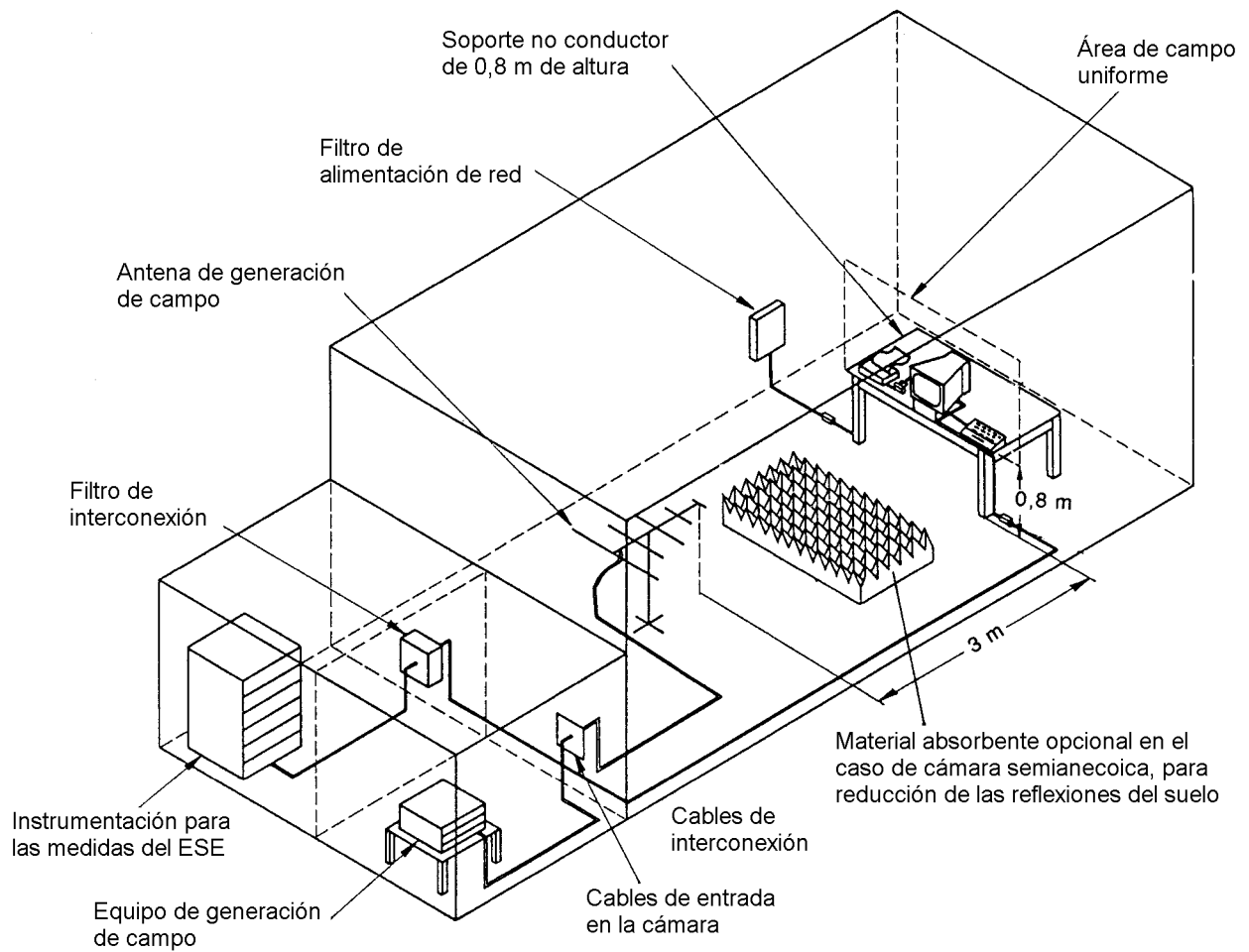
$V_{p-p} = 2,8 \text{ V}$   
 $V_{ef} = 1,0 \text{ V}$



b) Señal de RF modulada al 80% en amplitud

$V_{p-p} = 5,1 \text{ V}$   
 $V_{ef} = 1,12 \text{ V}$   
 $V_{\text{valor eficaz máximo}} = 1,8 \text{ V}$

**Fig. 1 – Definición del nivel de ensayo y de las formas de onda en la salida del generador de señal**



NOTA – No se representa el revestimiento anecoico de paredes y techo por razones de claridad.

**Fig. 2 – Ejemplo de instalación de ensayo**

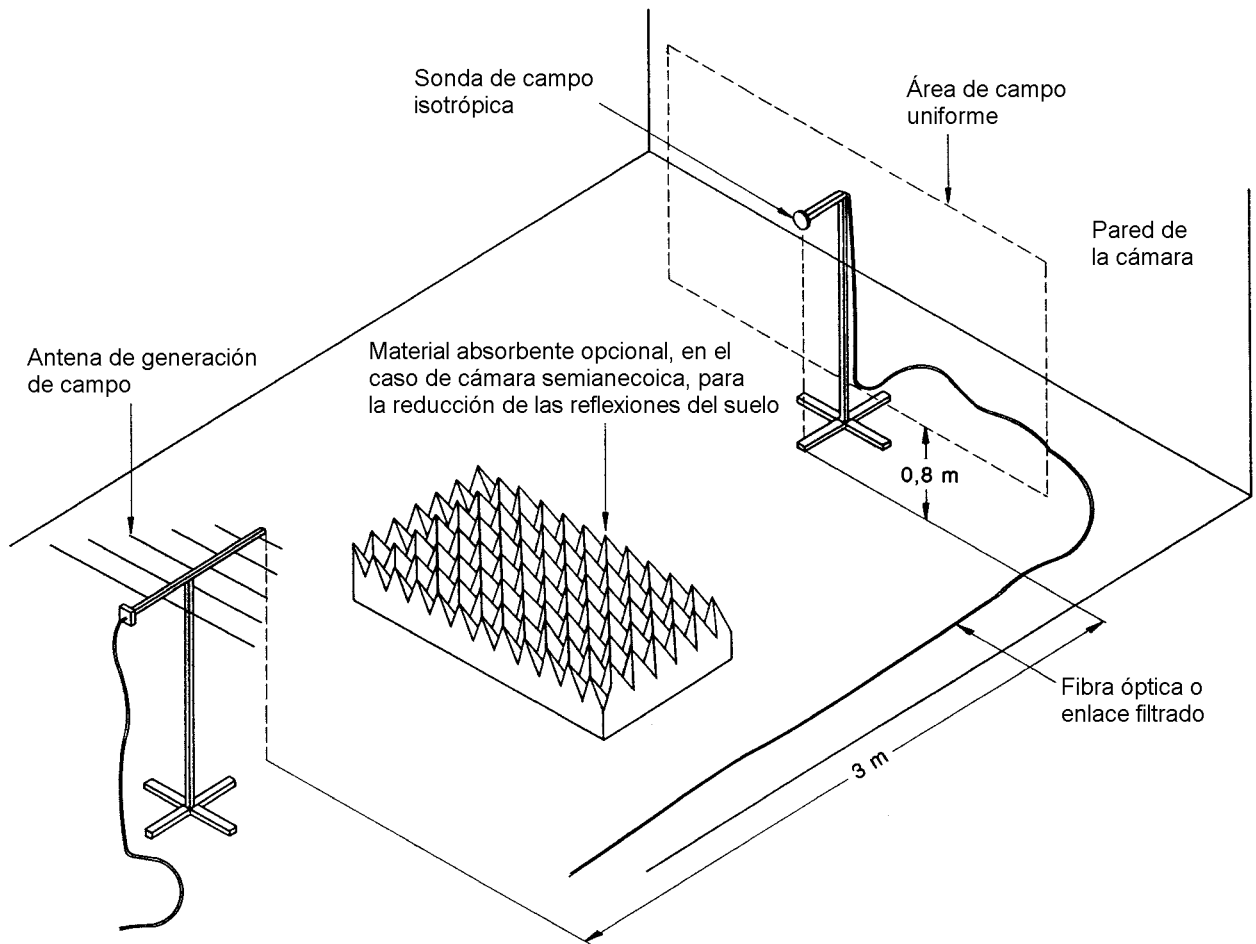


Fig. 3 – Calibración del campo

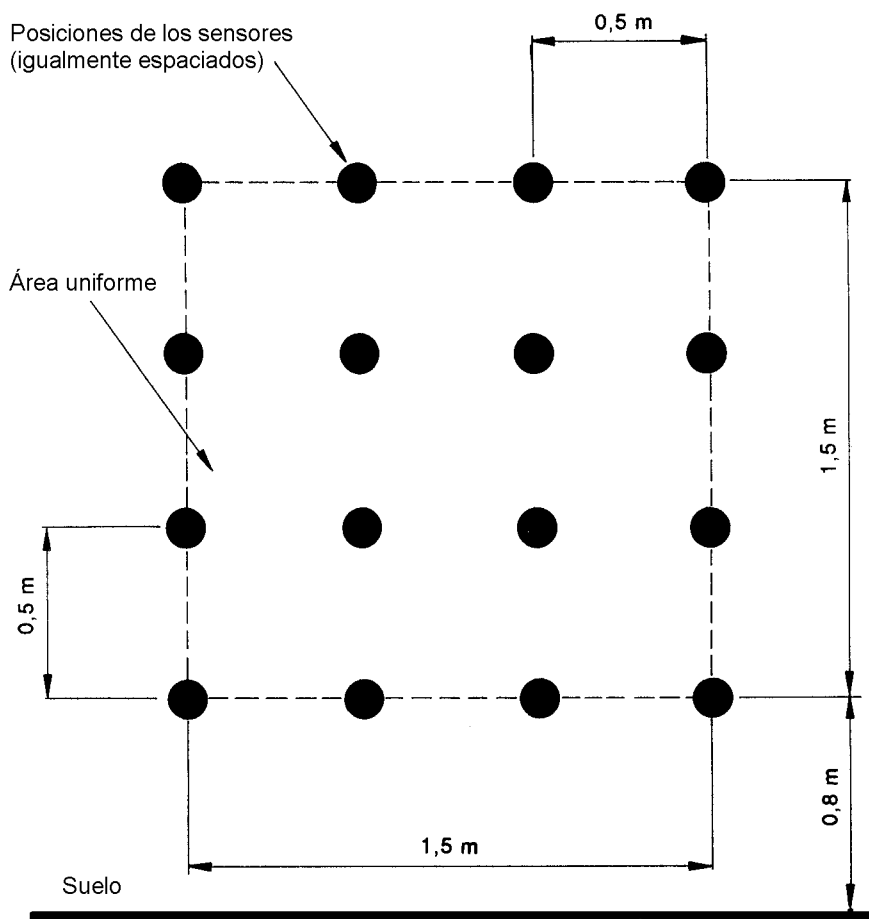
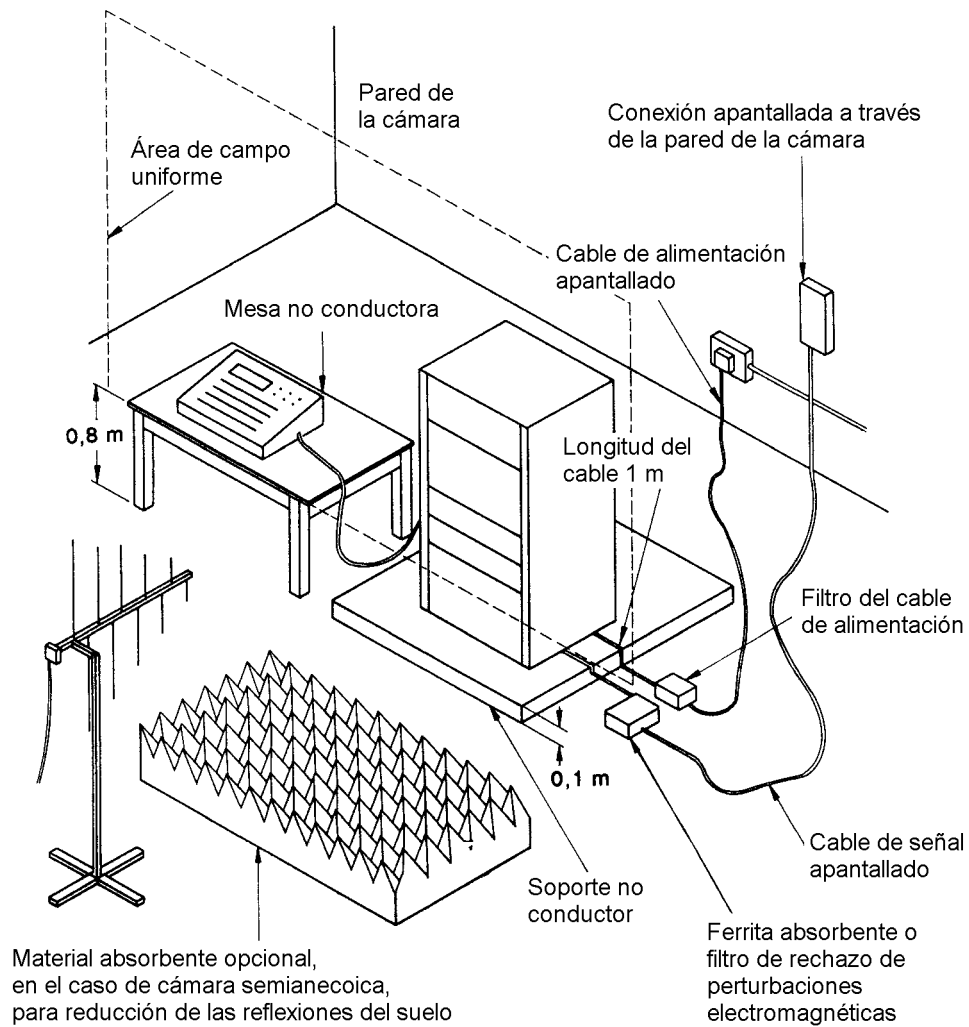


Fig. 4 – Calibración del campo, dimensiones del área uniforme



NOTA – No se representa el revestimiento anecoico de las paredes por razones de claridad.

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



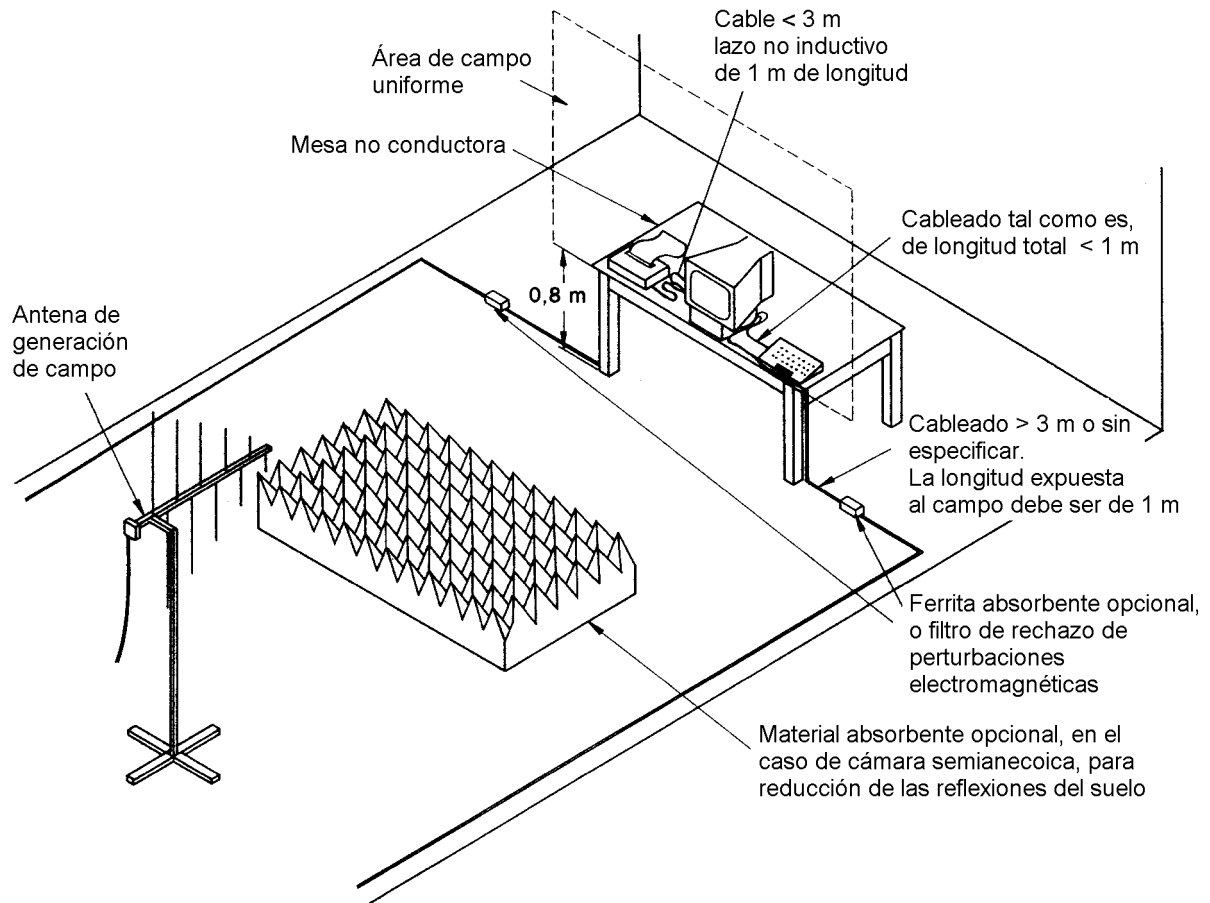


Fig. 6 – Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa

**ANEXO A (Informativo)****JUSTIFICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LA MODULACIÓN EN LOS ENSAYOS RELATIVOS A LA PROTECCIÓN CONTRA LAS EMISIONES A FRECUENCIAS RADIOELÉCTRICAS DE LOS RADIOTELÉFONOS DIGITALES****A.1 Compendio de los métodos de modulación disponibles**

La principal amenaza por encima de los 800 MHz viene de los radioteléfonos digitales que utilizan una modulación con envolvente no constante. Durante la elaboración de esta norma, se han tenido en cuenta los siguientes métodos de modulación de campo eléctrico:

- modulación de amplitud sinusoidal del 80% a la frecuencia de 1 kHz;
- modulación de amplitud cuadrada, con un ciclo de trabajo de 1:2, modulación al 100% a la frecuencia de 200 Hz;
- señal de radiofrecuencia de impulsos representando de forma aproximada las características de cada sistema, por ejemplo, el ciclo de trabajo de 1:8 a 200 Hz para el GSM, ciclo de trabajo de 1:24 a 100 Hz para portátiles DECT, etc. (véase en el anexo 1 las definiciones de GSM y de DECT);
- señal de radiofrecuencia de impulsos representando de forma exacta las características de cada sistema, por ejemplo, para el GSM: ciclo de trabajo de 1:8 a 200 Hz así como unas características secundarias tales como el modo de transmisión discontinuo (frecuencia de modulación de 2 Hz) y el efecto de varias tramas (componente a la frecuencia de 8 Hz).

Las características de los respectivos sistemas se resumen en la tabla A. 1.

**Tabla A.1**  
**Comparación de los métodos de modulación**  
 (véase el anexo I para las definiciones de GSM y DECT)

<b>Método de modulación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Modulación de amplitud sinusoidal</b>	1 La experiencia ha demostrado que se puede establecer una buena correlación entre los efectos perturbadores de los diferentes tipos de modulación con envolvente no constante, siempre que los niveles máximos en valor eficaz permanezcan iguales. 2 No es necesario especificar (ni medir) el tiempo de subida del pulso AMDT. 3 Usada en esta norma y en la Norma CEI 61000-4-6. 4 Se dispone ya de los equipos de generación y control. 5 Para equipos analógicos de audio, la demodulación del equipo sometido a ensayo produce una respuesta en audio que puede medirse con un receptor de banda estrecha, lo que reduce el ruido de fondo 6 Ya ha mostrado su eficacia para simular el efecto de otros tipos de modulación (por ejemplo, modulación de frecuencia, de fase, modulación de pulsos) a las frecuencias más bajas.	1 No simula el AMDT 2 Ensayo ligeramente más restrictivo para receptores de la ley de segundo orden 3 Pueden no detectarse ciertos mecanismos de fallo
<b>Modulación de amplitud cuadrada</b>	1 Similar a AMDT. 2 Puede emplearse universalmente. 3 Puede revelar mecanismos de fallo “desconocidos” (sensible a una gran variación de la envolvente de radiofrecuencia)	1 No simula exactamente el AMDT 2 Necesita un equipo especializado para generar la señal 3 La demodulación en el equipo ESE produce una respuesta de audio de banda ancha que debe medirse con un receptor de banda ancha, lo que aumenta el ruido de fondo 4 Necesita especificarse el tiempo de subida
<b>Modulación por impulsos de RF</b>	1 Buena simulación del AMDT 2 Puede revelar mecanismos de fallo “desconocidos” (sensibilidad a una gran variación de la envolvente de RF)	1 Necesita un equipo especializado para generar la señal 2 Los detalles de la modulación necesitan modificarse para que correspondan a cada sistema (por ejemplo, GSM, DECT...) 3 La demodulación en el equipo ESE produce una respuesta de audio de banda ancha que debe medirse con un receptor de banda ancha, lo que aumenta el ruido de fondo 4 Necesita especificarse el tiempo de subida

## A.2 Resultados experimentales

Se ha efectuado una serie de experimentos para evaluar la correlación entre el método de modulación de la señal perturbadora utilizada y el ruido producido.

Los métodos de modulación estudiados fueron los siguientes:

- a) modulación de amplitud sinusoidal del 80% a la frecuencia de 1 kHz;
- b) pulsos de radiofrecuencia "GSM", con ciclo de trabajo de 1:8 a 200 Hz;
- e) pulsos de radiofrecuencia "DECT", con ciclo de trabajo de 1:2 a 100 Hz (estación base);
- d) pulsos de radiofrecuencia "DECT", con ciclo de trabajo de 1:24 a 100 Hz (portadora);

Se ha utilizado una sola de las modulaciones "DECT" para cada caso.

Los resultados se resumen en las tablas A.2 y A.3.

**Tabla A.2**  
Niveles relativos de ruido (nota 1)

Método de modulación (nota 2)		Modulación de amplitud sinusoidal del 80% a 1 kHz	"GSM" ciclo de trabajo 1:8 a 200 Hz	"DECT" ciclo de trabajo 1:24 a 100 Hz
↓ Equipo	↓ Respuesta de audio	dB	dB	dB
Audífono (nota 3)	No ponderada 21 Hz – 21 kHz	0 (nota 4)	0	-3
	Ponderada, ley en A	0	-4	-7
Aparato telefónico analógico (nota 5)	No ponderada	0 (nota 4)	-3	-7
	Ponderada, ley en A	-1	-6	-8
Receptor de radio (nota 6)	No ponderada	0 (nota 4)	+1	-2
	Ponderada, ley en A	-1	-3	-7

NOTA 1 – La respuesta audio a la perturbación es el nivel de ruido. Un nivel de ruido débil representa un nivel de inmunidad elevado.

NOTA 2 – Importante: la amplitud de la portadora se ajusta de manera que el valor eficaz máximo (véase el capítulo 4) de la señal perturbadora (perturbación) sea la misma para todas las modulaciones.

NOTA 3 – La perturbación se produce por un campo electromagnético incidente a 900 MHz. La relación cíclica para la modulación "DECT" es 1:2 en vez de 1:24. La respuesta audio es la salida acústica medida con una oreja artificial conectado por medio de un tubo de PVC de 0,5 m.

NOTA 4 – Este caso se elige como la respuesta de audio de referencia, es decir 0 dB.

NOTA 5 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica inyectada en el cable telefónico a 900 MHz. La respuesta audio es la tensión a la frecuencia audio medida en la línea telefónica.

NOTA 6 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica inyectada en el cable de alimentación a 900 MHz. La respuesta audio es la salida audio del altavoz medida con un micrófono.

**Tabla A.3**  
Niveles de inmunidad relativos (nota 1)

Método de modulación (nota 2)		Modulación de amplitud sinusoidal del 80% a 1 kHz	“GSM” ciclo de trabajo 1:8 a 200 Hz	“DECT” ciclo de trabajo 1:24 a 100 Hz
↓ Equipo	↓ Respuesta	dB	dB	dB
<b>Receptor TV</b> (nota 3)	Interferencia detestable	0 (nota 4)	-2	-2
	Interferencia importante	+4	+1	+2
	Pantalla apagada	~+19	+18	+19
<b>Terminal de datos con interfaz RS232</b> (nota 5)	Interferencia en la pantalla de vídeo	0 (nota 4)	0	-
	Errores de datos	>+ 16	>+ 16	-
<b>Modem RS232</b> (nota 6)	Errores de datos (inyecta- dos por la interfaz te- léfono)	0 (nota 4)	0	0
	Errores de datos (inyecta- dos por la interfaz RS232)	>+9	>+9	>+9
<b>Alimentación estabilizada de laboratorio</b> (nota 7)	Error del 2% de la co- rriente continua de salida	0 (nota 4)	+3	+7
<b>Caja de conexión JDS</b> (nota 8)	Umbral de aparición de errores binarios	0 (nota 4)	0	-

NOTA 1 – Los números de las tablas representan una medida relativa del nivel eficaz máximo (véase el capítulo 4) de la señal perturbadora (perturbación) necesaria para producir el mismo nivel de interferencia con todas las modulaciones. Un nivel elevado en decibelios representa un nivel de inmunidad elevado.

NOTA 2 – La señal perturbadora se regula de modo que la misma respuesta (ruido) se produzca para todas las modulaciones.

NOTA 3 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica inyectada en el cable de alimentación a 900 MHz. La evaluación es bastante subjetiva dado que la forma del ruido difiere según el caso.

NOTA 4 – Este caso se elige como el nivel de inmunidad de referencia, es decir, 0 dB.

NOTA 5 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica a 900 MHz inyectada en el cable RS232.

NOTA 6 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica a 900 MHz inyectada ya sea en el teléfono o en el cable RS232.

NOTA 7 – La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica a 900 MHz inyectada en el cable de salida de corriente continua.

NOTA 8 – JDS = jerarquía digital síncrona<sup>1)</sup>. La perturbación es un campo electromagnético incidente a 935 MHz.

Los siguientes equipos digitales se han ensayado con modulación de amplitud sinusoidal y con modulación por impulsos (ciclo de trabajo 1:2) alcanzándose niveles de campo de 30 V/m:

- secamanos controlado por un microprocesador;
- modem de 2 Mb con cable coaxial de 75 Ω;
- modem de 2 Mb con cable doble trenzado de 120 Ω;
- controlador industrial con microprocesador, pantalla de vídeo e interfaz RS485;

1) En inglés SHD: synchronous digital hierarchy.

- sistema de indicación por pantalla de trenes con microprocesador;
- terminal de tarjetas de crédito con una salida modem;
- multiplexor digital 2/34 Mb;
- repetidor ethernet (10 Mb/s).

Cualquier fallo se asocia a las funciones analógicas de estos dispositivos.

### **A.3 Efectos de la modulación secundaria**

Cuando se trata de simular exactamente la modulación utilizada en un sistema de radiotelefonía digital, es importante simular no solo la modulación primaria sino que también debe considerarse la influencia de cualquier modulación secundaria que pueda estar presente.

Por ejemplo, con la GSM y la DCS 1800, existen efectos que resultan de la presencia de varios tramos y que son causados por la supresión de un pulso cada 120 ms (creando así una componente a la frecuencia aproximada de 8 Hz). Puede de esta manera haber una modulación suplementaria a 2 Hz que proviene del modo de transmisión discontinuo (DTX) opcional.

### **A.4 Conclusión**

Puede verse a partir de los ejemplos estudiados que los equipos ensayados han respondido a las perturbaciones independientemente del método de modulación empleado. Cuando se comparan los efectos de distintas modulaciones, es importante asegurar que se utilice el mismo nivel eficaz máximo de la señal perturbadora.

Si aparecen diferencias significativas entre los efectos de los diferentes tipos de modulación, la modulación de amplitud sinusoidal ha sido siempre la más severa.

Si se observan diferencias de respuesta entre la modulación de amplitud sinusoidal y el AMDT, la diferencia específica a cada producto puede corregirse con un ajuste apropiado del criterio de conformidad dado en la norma de producto.

En resumen, la modulación de amplitud sinusoidal presenta las siguientes ventajas:

- detección en banda estrecha de la respuesta de los sistemas analógicos, lo que disminuye los problemas de ruido de fondo;
- aplicabilidad universal por no tratarse de simular el comportamiento de la fuente de la perturbación;
- igual modulación a todas las frecuencias;
- siempre tan severa al menos como la modulación por impulso.

Por estas razones, el método de modulación definido en esta norma es el de modulación de amplitud sinusoidal del 80%. Se recomienda que los comités de productos no modifiquen el método de modulación salvo por razones particulares que necesitan del empleo de un tipo diferente de modulación.

## ANEXO B (Informativo)

### ANTENAS GENERADORAS DEL CAMPO

#### **B.1 Antena bicónica (20 MHz – 300 MHz)**

Esta antena consiste en un simetrizador de antena enrollado coaxialmente y de un elemento tridimensional que proporciona un amplio margen de frecuencias que se pueden utilizar para transmitir y recibir. La curva del factor de antena es una línea básicamente uniforme que crece con la frecuencia.

El tamaño compacto de esta antena la convierte en ideal para utilizarse en espacios reducidos tales como las cámaras anecoicas, donde los efectos de proximidad son minimizados. Las dimensiones típicas son: anchura 1 430 mm, profundidad 810 mm y diámetro 530 mm.

#### **B.2 Antena logarítmica-periódica (80 MHz - 1 000 MHz)**

Una antena logarítmica-periódica es una agrupación de dipolos de longitudes diferentes conectados a una línea de transmisión.

Estas antenas de banda ancha tienen una ganancia relativamente alta y una tasa de ondas estacionarias baja.

Las dimensiones típicas son: altura 60 mm, anchura 1 500 mm, profundidad 1 500 mm.

NOTA – Al elegir una antena para la generación de campos, debe definirse el simetrizador adecuado para la potencia necesaria.

#### **B.3 Antenas de polarización circular**

Las antenas que generan campos electromagnéticos de polarización circular, tales como las antenas logarítmicas-espaciales cónicas, solamente se deben utilizar después de haber aumentado la potencia de salida a partir del amplificador de potencia en una magnitud equivalente a 3 dB.

#### **B.4 Antena de bocina y antena guía de ondas de doble cresta**

Las antenas de bocina y las antenas guías de ondas de doble cresta producen campos electromagnéticos de polarización lineal. Normalmente se emplean para frecuencias superiores a 1 000 MHz.

**ANEXO C (Informativo)****USO DE CÁMARAS ANECOICAS****C.1 Información general de cámaras anecoicas**

Una cámara semianecoica es un recinto apantallado recubierto con material absorbente en las paredes y el techo. Las cámaras anecoicas tienen también recubierto el suelo.

La finalidad del recubrimiento es absorber la energía de RF, eliminando las reflexiones en el interior de la cámara. Tales reflexiones, al interferir de forma compleja con el campo radiado directamente, pueden producir máximos y mínimos en la intensidad del campo generado.

Las pérdidas por reflexión en el material absorbente dependen generalmente de la frecuencia de la onda incidente y de su ángulo con la normal. La pérdida (absorción) es más elevada cuando la incidencia es normal y se reduce a medida que el citado ángulo aumenta.

A fin de eliminar las reflexiones y aumentar la absorción, se da forma de cuñas o conos al material absorbente.

Para cámaras semianecoicas, la incorporación de elementos absorbentes suplementarios de RF en el suelo ayuda a obtener la uniformidad del campo requerida a todas las frecuencias. Los puntos más adecuados para dicha incorporación pueden determinarse por experimentación.

El elemento absorbente adicional no debe colocarse dentro del haz de radiación de la antena hacia el ESE, y se debe colocar en el mismo lugar y orientación para el ensayo que durante el procedimiento de calibración.

También se puede mejorar la uniformidad colocando la antena generadora del campo fuera del eje de la cámara, de forma que algunas reflexiones no sean simétricas.

**C.2 Ajustes propuestos para adaptar las cámaras cubiertas de ferritas concebidas para utilizarlas hasta 1 GHz para poder usarlas a frecuencias superiores a 1 GHz**

La mayoría de las cámaras anecoicas existentes que usan ferritas como absorbentes diseñados para el uso hasta frecuencias de 1 GHz. Para frecuencias por encima de 1 GHz, puede ser difícil o imposible para tales cámaras satisfacer la exigencia de la homogeneidad de campo indicados en el apartado 6.2 de esta norma.

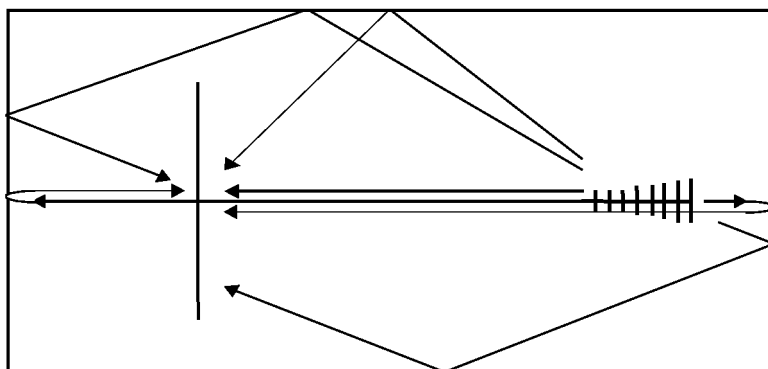
Este párrafo presenta información en el procedimiento necesario para adaptar tales cámaras de ensayos en frecuencias por encima de 1 GHz usando el método descrito en el anexo J.

**C.2.1 Problemas causados por el uso de cámaras recubiertas con ferritas para los ensayos de inmunidad a frecuencias por encima de 1 GHz**

El problema descrito puede ocurrir, por ejemplo, en cámaras anecoicas recubiertas con absorbente de ferrita, o en cámaras anecoicas pequeñas (típicamente 7 m (*l*) × 3 m (*an*) × 3 m (*al*)) recubiertas de una combinación de material de ferrita y absorbente cargado de carbono.

En frecuencias por encima de 1 GHz, las baldosas de ferrita se comportan más bien como reflectores que como absorbentes. Es muy difícil establecer una uniformidad de campo en un área de 1,5 m × 1,5 m en estas frecuencias debido a las múltiples reflexiones existentes en las superficies de la cámara (véase la figura C.1).





**Fig. C.1 – Múltiples reflexiones existentes en una cámara anecoica pequeña**

En las frecuencias de las bandas de radioteléfonos, la longitud de onda es menor que 0,2 m. Esto significa que los resultados de los ensayos son muy sensibles al posicionamiento de la antena de generación de campo y al detector de campo o al ESE.

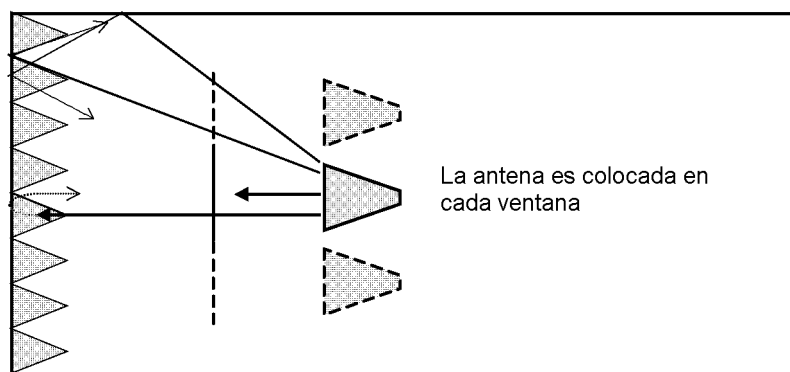
### C.2.2 Posible solución

Con el fin de solventar los problemas existentes, se proponen los siguientes procedimientos.

- Utilizar antenas de bocina o antenas guía de onda de doble cresta para reducir el capó radiado hacia atrás. Esto permite reducir las reflexiones que provienen de las paredes laterales de la cámara porque el ancho de haz de la antena es estrecho.
- Acortar la distancia entre la antena transmisora y el ESE para minimizar las reflexiones sobre las paredes laterales (la distancia entre el ESE y la antena se puede reducir a 1 m). Usar el método de las ventanas independientes de 0,5 m × 0,5 m (anexo J) para asegurar que el ESE es expuesto al campo uniforme.
- Adherir material anecoico de espuma cargado con carbono en la pared trasera respecto del ESE para eliminar la reflexión directa. Esto reduce la sensibilidad del ensayo respecto de la posición del ESE y la antena. Esto puede mejorar la uniformidad de campo para frecuencias por debajo de 1 GHz.

NOTA – Si se utiliza un material absorbente con espuma cargado altamente con carbono, puede ser difícil satisfacer los requisitos de uniformidad de campo a frecuencias por debajo de 1 GHz.

Siguiendo el procedimiento anteriormente descrito se elimina la mayoría de las ondas reflejadas. (Véase la figura C.2).



**Fig. C.2 – La mayoría de las ondas reflejadas son eliminadas**

**ANEXO D (Informativo)**

**OTROS MÉTODOS DE ENSAYO. CELDAS TEM Y CELDAS TEM ABIERTAS**

Las líneas TEM abiertas son útiles para la generación eficaz de campos lineales para el ensayo de ESE pequeños (dimensiones del orden de  $0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$ ) desde corriente continua hasta 150 MHz. Debido a que la radiación producida es lateral, el ESE se debe rotar para que el ensayo se realice con polarización horizontal y vertical.

La uniformidad y la reducción del campo externo pueden mejorarse mediante el uso de material absorbente de RF, manteniendo una distancia de por lo menos 2 m entre la línea TEM y otros objetos reflectantes.

Las celdas TEM tienen la ventaja de mantener dentro de un recinto el campo generado, pero normalmente sólo pueden acomodar ESE más pequeños en un margen de frecuencias desde corriente continua hasta 200 MHz. Existen diseños especiales (por ejemplo, las celdas GTEM) para márgenes de frecuencia más altos y para ESE de mayor tamaño.

Como en el caso de las celdas TEM abiertas, el ESE se debe rotar en la celda TEM para realizar el ensayo con polarización horizontal y vertical.

Las celdas TEM abiertas y las celdas TEM se deben emplear sólo si se cumplen los requisitos relativos a la homogeneidad del campo y si el ESE y el correspondiente cableado pueden estar dispuestos conforme a esta sección de la Norma CEI 61000-4.

Además, la disposición del ESE y el cableado asociado no puede exceder de un tercio de la distancia entre la placa interna septum y las placas exteriores.

**ANEXO E** (Informativo)

**OTRAS INSTALACIONES DE ENSAYO**

**E.1 Recintos apantallados parcialmente recubiertos de material absorbente**

Recinto apantallado modificado con cierta cantidad de material absorbente de RF para amortiguar las resonancias de los recintos sin recubrimiento, a un coste inferior que el de las cámaras anecoicas o semianecoicas. El material se coloca en los principales puntos de reflexión de las paredes y el techo.

Tales recintos se pueden utilizar siempre que sea posible establecer un campo uniforme.

**E.2 Lugares de ensayo en campo abierto**

Este método es admisible en las zonas menos pobladas del país, siempre que se cumplan las limitaciones legales. Es necesario incorporar material absorbente para reducir las reflexiones del suelo.

ANEXO F (Informativo)

INFORMACIÓN PARA LOS COMITÉS DE PRODUCTOS SOBRE  
LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO

**F.1 Introducción**

La potencia de emisión de las radioemisoras viene a menudo especificada en términos de PRA (potencia radiada aparente) referido a un dipolo de media-onda. Por lo tanto, el valor del campo generado, para un campo lejano, puede obtenerse directamente por la siguiente fórmula del dipolo:

$$E = k \sqrt{P} / d \quad \text{(ecuación F. 1)}$$

en donde

$E$  es el valor del campo (valor eficaz) (V/m);

$k$  es una constante, de valor igual a 7, para la propagación de espacio libre en campo lejano;

$P$  es la potencia (PRA) (W);

$d$  es la distancia de la antena (m).

La proximidad de objetos reflectantes y absorbentes modifica el valor del campo.

Si no se conoce la PRA del emisor, puede reemplazarse, en la ecuación F.1, por la potencia de la antena. En este caso, para radiotransmisores portátiles puede aplicarse normalmente un valor de  $k$  igual a 3.

**F.2 Niveles de ensayo relacionados con casos generales**

Los niveles de ensayo y las bandas de frecuencias deben seleccionarse de acuerdo con el entorno de radiación electromagnética al cual el ESE debe quedar expuesto cuando se instale definitivamente. Deben tenerse en cuenta las consecuencias de un fallo al elegir el nivel de ensayo. Cuando las consecuencias del fallo son importantes se debería elegir un nivel de ensayo más elevado.

Si el ESE va a instalarse solamente en algunos lugares, una inspección de las fuentes de RF locales puede facilitar el cálculo de las intensidades de campo que probablemente van a encontrarse. Si no se conocen las potencias de las fuentes, tienen que medirse las intensidades de campo presentes en los lugares de que se trate.

Para los equipos cuyo funcionamiento se prevé en una variedad de emplazamientos, se pueden utilizar la siguiente información para la selección de los niveles de ensayo que se deben aplicar.

Las clases siguientes se refieren a los niveles mencionados en el capítulo 5. Estas clases se deben considerar como informativas para la selección de los niveles correspondientes:

- *Clase 1:* Entorno de radiación electromagnética de bajo nivel. Niveles típicos de emisoras locales de radio y televisión situadas a más de 1 km de distancia, y transmisores-receptores de poca potencia.
- *Clase 2:* Entorno de radiación electromagnética moderada. Se emplean transmisores-receptores portátiles de poca potencia (normalmente menos de 1 W), pero con restricciones de uso en las proximidades de los equipos. Se trata de un entorno comercial típico.

- *Clase 3*: Entorno de radiación electromagnética severa. Transmisores-receptores portátiles (de 2 W o más), empleados relativamente próximos a los equipos, pero no a menos de 1 m. Transmisores de radiodifusión de gran potencia en inmediata proximidad al equipo, pudiendo hallarse también aparatos de ICM en proximidad. Entorno típicamente industrial.
- *Clase x*: es un nivel libre que puede negociarse y especificarse en las normas de producto o en las especificaciones del equipo

### F.3 Niveles de ensayo relacionados con la protección contra las emisiones a las frecuencias radioeléctricas de los radioteléfonos digitales

Los niveles de ensayo se deberían seleccionar en función del campo electromagnético esperado, es decir considerando la potencia del radioteléfono, y la distancia probable entre su antena y el material a ensayar. Generalmente, las estaciones móviles implican exigencias más severas que las estaciones base (esto se debe al hecho de que las estaciones móviles tienden a estar situadas mucho más cerca de los dispositivos potencialmente susceptibles que las estaciones base).

Se debería tener en cuenta el coste necesario para establecer la inmunidad requerida y las consecuencias de una falta para la elección del nivel de ensayo a aplicar. El mayor nivel se debería considerar solamente si las consecuencias de una falta son graves.

En la práctica, pueden aparecer exposiciones más elevadas que el nivel de ensayo elegido con poca tasa de ocurrencia. Con el objeto de evitar faltas innecesarias en estas situaciones, puede que sea necesario realizar un segundo ensayo con un valor más alto aceptando un comportamiento reducido (es decir una degradación definida como aceptable).

En la tabla F.1 se dan ejemplos de niveles de ensayo, criterios de aptitud a la función y distancias de protección asociadas. La distancia de protección es la distancia mínima aceptable de un radioteléfono digital, habiéndose realizado el ensayo al nivel fijado. Las distancias se calculan a partir de la ecuación F.1 con  $k = 7$  y suponiendo que el ensayo se realiza con una modulación de amplitud sinusoidal del 80%.

**Tabla F.1**  
Ejemplos de niveles de ensayo, distancias de protección asociadas y sugerencias de criterios de aptitud a la función

Nivel de ensayo	Intensidad de campo portadora V/m	Intensidad de campo eficaz máxima V/m	Distancia de protección para			Criterio de aptitud	
			2W GSM m	8W GSM m	¼ W DECT m	Ejemplo 1 (nota 1)	Ejemplo 2 (nota 2)
1	1	1,8	5,5	11	1,9	-	-
2	3	5,4	1,8	3,7	0,6	a	-
3	10	18	0,6	1,1	~ 0,2 <sup>1)</sup>	b	a
4	30	54	~ 0,2 <sup>1)</sup>	0,4	~ 0,1 <sup>1)</sup>	-	b

NOTA 1 – Equipos para los que las consecuencias de un fallo no son importantes.  
 NOTA 2 – Equipos para los que las consecuencias de un fallo son importantes.  
 NOTA 3 – Conforme al capítulo 9.

1) En estas distancias y en distancias más cortas, la ecuación de campo lejano F.1 no es la precisa.

Se han considerado los siguientes puntos para la elaboración de la tabla antes indicada:

- con respecto a GSM, la mayor parte de los terminales actualmente en el mercado son de clase 4 (PRA máxima 2 W). Un número substancial de terminales móviles en funcionamiento son de las clases 3 y 2 (PRA máxima 5 W y 8 W respectivamente). La PRA de los terminales GSM es a menudo menor que el máximo, excepto en zonas de recepción mediocre;
- la cobertura en el interior es peor que al exterior, lo que implica que el PRA en el interior pueda tender a menudo hacia el máximo de la clase. Esto representa la peor situación desde el punto de vista de CEM ya que la mayor parte de los equipos víctimas están concentrados igualmente en el interior;
- según se describe en el anexo A, el nivel de inmunidad de un equipo está bien correlacionado con el valor eficaz máximo del campo modulado. Por esta razón, se ha introducido el valor eficaz máximo del campo en la ecuación F.1, en lugar del valor del campo de la portadora, para el cálculo de la distancia de protección;
- la estimación de la distancia mínima para un funcionamiento seguro, o de la distancia de protección, se ha calculado con un valor de  $k$  igual 7 en la ecuación F.1 y no se tiene en cuenta las fluctuaciones estadísticas del valor del campo, debido a las reflexiones sobre las paredes, el suelo y el techo que son del orden de  $\pm 6$  dB;
- la distancia de protección según la ecuación F.1 depende de la potencia radiada aparente del radioteléfono digital y no de su frecuencia de funcionamiento.

**ANEXO G (Informativo)****MEDIDAS ESPECIALES PARA LOS EMISORES FIJOS**

Los niveles descritos en el anexo F son valores típicos raramente excedidos en los emplazamientos indicados. En algunos lugares estos valores pueden ser sobrepasados, por ejemplo, en el caso donde en el mismo edificio estén localizados radares, transmisores de gran potencia o aparatos ICM. En tales casos se puede preferir apantallar la sala o edificio y dotar de filtros los cables de señal y alimentación del equipo, en vez de especificar todos los equipos que son inmunes a los niveles correspondientes.



**ANEXO H** (Informativo)

**SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO**

Esta sección de la Norma CEI 61000-4 y la Norma CEI 61000-4-6 definen dos métodos para el ensayo de la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos a la energía electromagnética radiada.

En general, los ensayos con señales conducidas son más útiles a las frecuencias más bajas y los ensayos con señales radiadas lo son a las frecuencias más elevadas.

Existe un margen de frecuencias para el cual se pueden emplear los métodos de ensayo de una u otra norma. Es posible aplicar el método de ensayo descrito en la Norma CEI 61000-4-6 hasta 230 MHz. También es posible aplicar el método descrito en esta sección por debajo de 26 MHz. El propósito de este anexo es suministrar una guía a los comités de producto y a los autores de especificaciones de producto para la selección del método de ensayo más apropiado para asegurar la posibilidad de repetición (de los resultados), basada en el diseño y tipo de ESE.

Debe tenerse en cuenta:

- la longitud de onda del campo radiado comparada con las dimensiones físicas del ESE;
- las dimensiones relativas de los armarios y cables del ESE;
- el número de cables y receptáculos que constituyen el ESE.

## ANEXO I (Informativo)

## DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

**I.1 Radiotéfonos digitales**

Las tablas I.1 e I.2 indican la lista de parámetros de los sistemas de radio apropiados para la CEM.

Se emplean las siguientes abreviaturas y definiciones en las tablas antes mencionadas:

- **CT-2 (Cordless Telephone, segunda generación):** sistema de teléfono sin hilos, ampliamente empleado en determinados países europeos;
- **DCS 1800 (Digital Cellular System):** sistema de telecomunicación celular móvil, de poco coste, utilización mundial;
- **DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications):** sistema de telecomunicación celular sin hilos, de poco coste, empleado ampliamente en Europa;
- **DTX (Discontinuous Transmission):** frecuencia de repetición de ráfagas reducida de manera significativa, empleada con fines de economía de energía, cuando no es necesario transmitir información;
- **PRA (potencia radiada aparente):** potencia radiada aparente relativa a un dipolo de media onda;
- **AMDF (acceso múltiple por división en frecuencia):** multiplexado en el que las bandas de frecuencia separadas son asignadas a cada canal;
- **GSM (Global System for Mobile Communications):** sistema de telecomunicación móvil celular, utilización mundial;
- **NADC (North America Digital Cellular):** sistema de comunicación móvil celular digital, empleado extensamente en América del Norte. Término corriente empleado para describir los sistemas celulares digitales que cumplen con la Telecommunications Industry Association Interim Standard - 54; conocido también como D-AMPS;
- **PDC (Personal Digital Cellular System):** sistema de telecomunicación celular móvil, empleado extensamente en Japón;
- **PHS (Personal Handy Phone System):** sistema de teléfono sin hilos, empleado extensamente en Japón;
- **AMDT (acceso múltiple por división en el tiempo):** véase el capítulo 4;
- **TDD (Time Division Duplex):** multiplexado en el que se asignan diferentes tramos de tiempos a los canales de transmisión y de recepción.

**Tabla I.1**  
**Unidades móviles y portátiles**

Nombre del sistema Parámetros	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC
Frecuencia del transmisor	890 MHz a 915 MHz	1,71 GHz a 1,784 GHz	1,88 GHz a 1,96 GHz	864 MHz a 868 MHz	940 MHz a 956 MHz y 1,429 GHz a 1,453 GHz	1,895 GHz a 1,918 GHz	825 MHz a 845 MHz
Tipo de modulación	AMDT	AMDT	AMDT/TDD	AMDF/TDD	AMDT	AMDT/ TDD	AMDT
Frecuencia de repetición de la ráfaga	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz
Relación cíclica	1:8	1:8	1:24 (también 1:48 y 1:12)	1:12	1:3	1:8	1:3
PRA máximo	0,8 W; 2 W; 5 W; 8 W; 20 W	0,25 W; 1 W; 4 W	0,25 W	< 10 mW	0,8 W; 2 W	10 mW	<6 W
Modulación secundaria	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multitrama)	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multitrama)	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Zona geográfica	Ámbito mundial	Ámbito mundial	Europa	Europa	Japón	Japón	EE.UU.

NOTA – El CT-3 se considera cubierto por el DECT.

**Tabla I.2**  
**Estaciones base**

Nombre del sistema Parámetros	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC
Frecuencia del transmisor	935 MHz a 960 MHz	1,805 GHz a 1,88 GHz	1,88 GHz a 1,96 GHz	864 MHz a 868 MHz	810 MHz a 826 MHz y 1,477 GHz a 1,501 GHz	1,895 GHz a 1,918 GHz	870 MHz a 890 MHz
Tipo de modulación	AMDT	AMDT	AMDT/TDD	AMDF/TDD	AMDT	AMDT/ TDD	AMDT
Frecuencia de repetición de la ráfaga	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz
Relación cíclica	1:8 a 8:8	1:8 a 8:8	1:2	1:2	1:3 a 3:3	1:8	1:3 a 3.3
PRA máximo	2,5 W a 320 W	2,5 W a 200 W	0,25 W	0,25 W	1 W a 96 W	10 mW a 500 mW	500 W
Modulación secundaria	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multitrama)	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multitrama)	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Zona geográfica	Ámbito mundial	Ámbito mundial	Europa	Europa	Japón	Japón	EE.UU.

NOTA – El CT-3 se considera cubierto por el DECT.

**ANEXO J (Normativo)****MÉTODO ALTERNATIVO DE ILUMINACIÓN PARA FRECUENCIAS POR ENCIMA DE 1 GHz ("MÉTODO DE LAS VENTANAS INDEPENDIENTES")****J.1 Introducción**

Las cámaras anecoínas son poco efectivas a bajas frecuencias (por debajo de 30 MHz), mientras que las cámaras recubiertas de ferritas también pueden ser menos efectivas a frecuencias superiores a 1 GHz. Se debe tener cuidado para asegurar la uniformidad del campo generado a frecuencias más bajas y más altas, y puede ser necesario modificar la cámara. En el anexo C se dan más indicaciones.

La distancia de ensayo debe ser de 1 m, particularmente cuando el ensayo se realiza por encima de 1 GHz con el método de las ventanas independientes (por ejemplo, bandas de radioteléfono). La conformidad con la uniformidad de campo debe verificarse para la distancia elegida.

NOTA 1 – Con una distancia de 3 m, usando una antena con un ancho de haz estrecho o una cámara recubierta de ferritas para frecuencias por encima de 1 GHz, puede ser difícil satisfacer el requisito de uniformidad de campo sobre una superficie de 1,5 m × 1,5 m.

El método alternativo para frecuencias por encima de 1 GHz divide el área de calibración en varias superficies con ventanas de 0,5 m × 0,5 m de tal manera que la superficie total ocupada por la cara del ESE esté cubierta (véanse las figuras J.1A y J.1B). La uniformidad de campo debe ser de forma verificada independiente sobre cada ventana (véase la figura J.2), usando el procedimiento dado a continuación. La antena generadora de campo se coloca a 1 m del área de calibración.

NOTA 2 – En altas frecuencias la longitud y la geometría del cable es menos crítica; sin embargo, el área de la cara del ESE es el factor determinante para el tamaño del área de calibración.

**J.2 Campo de calibración**

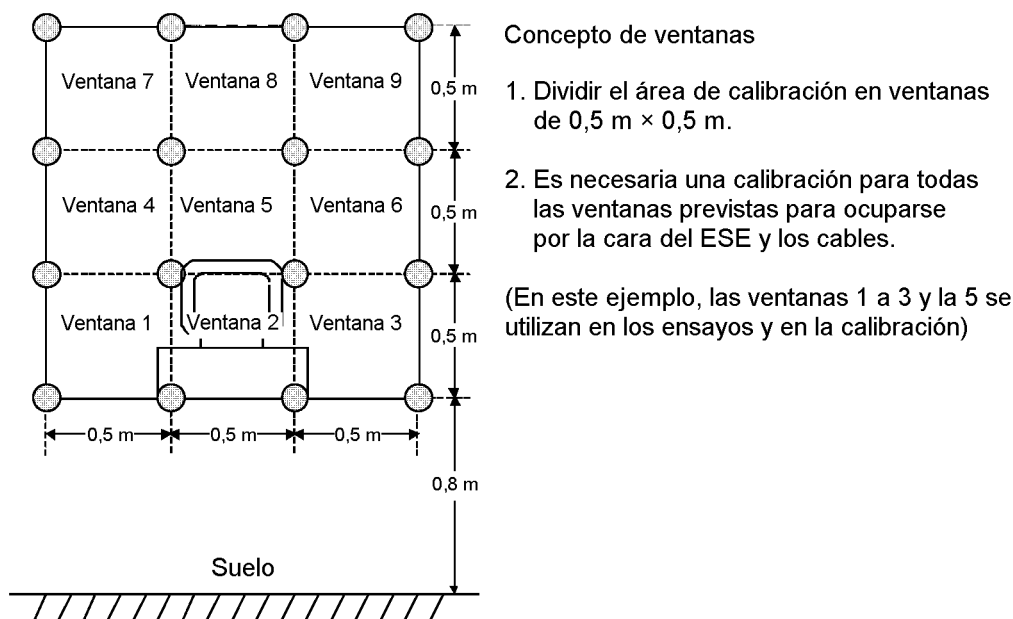
Se deben realizar los siguientes pasos en cada ventana:

- a) colocar la sonda de campo en una de las cuatro esquinas de la ventana;
- b) aplicar potencia incidente a la antena de generación de campo de tal manera que la intensidad de campo obtenida esté en el rango de 3 V/m a 10 V/m, en todo el margen de frecuencias en pasos del 1% de la frecuencia de inicio (y en consecuencia de la frecuencia precedente) y almacenar ambos lecturas (potencia e intensidad de campo);
- c) con la misma potencia incidente, medir y almacenar la intensidad de campo de las tres esquinas restantes; las cuatro intensidades de campo deben encontrarse dentro del margen de 0 dB a 6 dB;
- d) tomar como referencia el menor de los cuatro valores de intensidades de campo (esto asegura la exigencia de -0 dB a +6 dB);
- e) conociendo la potencia incidente y la intensidad campo, se puede calcular la potencia incidente necesaria para la intensidad de campo requerida (por ejemplo, si en un punto dado 80 W dan 9 V/m, entonces, son necesarios 8,9 W para conseguir 3 V/m). Ésta se debe almacenar;
- f) repetir los pasos a) a e) para ambas polarizaciones horizontal y vertical.

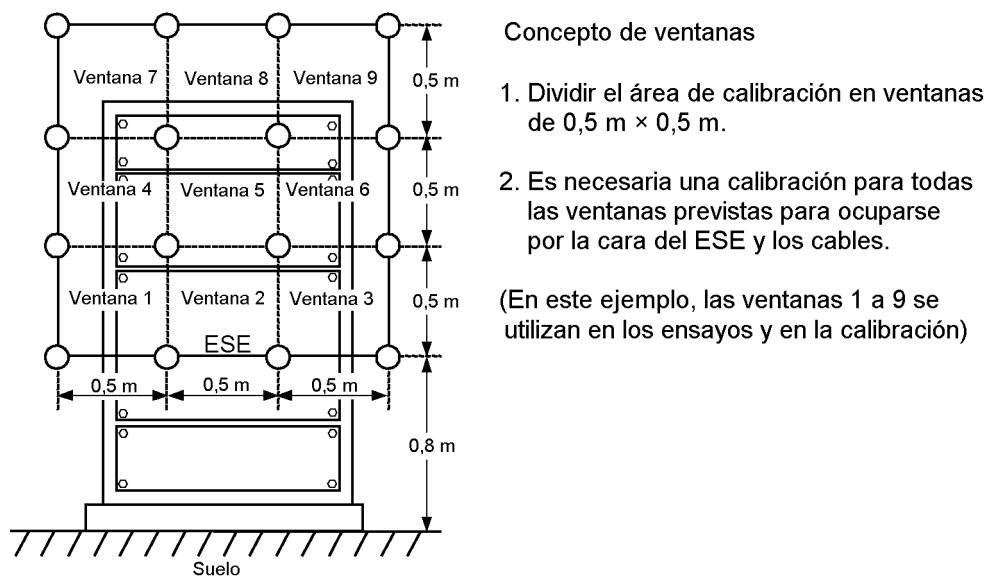
Las antenas y los cables utilizados para verificar la uniformidad de campo deben usarse para los ensayos. En consecuencia, las pérdidas de los cables y los factores de las antenas de generación de campo no tienen que tomarse en consideración.

La posición de las antenas de generación y de los cables deben almacenarse tan preciso como sea posible. Puesto que pequeños desplazamientos pueden significar cambios de campo, la misma posición se debe usar en los ensayos.

Durante el ensayo, se aplica en cada frecuencia la potencia directa establecida en el paso (e) a la antena de generación de campo. El ensayo se repite colocando la antena de generación de campo sucesivamente para iluminar cada una de las ventanas necesarias (véanse las figuras (J.1 y J.2).



**Fig. J.1 A – Ejemplo de división del área de calibración en ventanas de 0,5 m × 0,5 m para equipos de sobremesa**



**Fig. J.1 B – Ejemplo de división del área de calibración en ventanas de 0,5 m × 0,5 m para equipos de sobremesa**

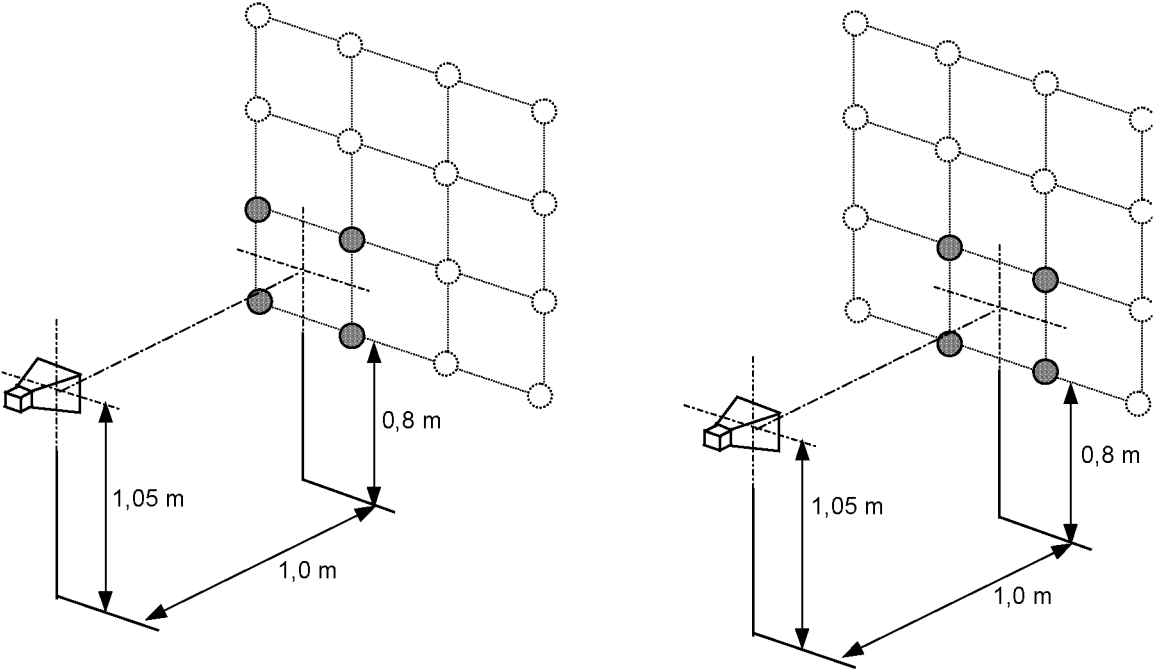


Fig. J.2 – Ejemplo de iluminación de ventanas sucesivas

**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 normas 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 normas referenciadas con fecha, sólo se aplican a esta norma europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa norma (incluyendo sus modificaciones).

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

<b>Norma Internacional</b>	<b>Fecha</b>	<b>Título</b>	<b>EN/HD</b>	<b>Fecha</b>	<b>Norma UNE correspondiente<sup>1)</sup></b>
CEI 60050-161	1990	Vocabulario Electrotécnico. Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética	–	–	UNE 21302-161:1992
CEI 61000-4-6	1996	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4 técnicas de ensayo y de medida. Sección 6 inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia	EN 61000-4-6	1996	UNE-EN 61000-4-6:1998

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

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

**AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO**