

Junio 2007

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida

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

(IEC 61000-4-3:2006)

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-3: Testing and measurement techniques. Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (IEC 61000-4-3:2006).

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure. Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques (CEI 61000-4-3:2006).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-3:2006, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 61000-4-3:2006.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 61000-4-3:2003, UNE-EN 61000-4-3/A1:2004 y UNE-EN 61000-4-3:2003 ERRATUM antes de 2009-03-01.

ANTECEDENTES

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

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 29481:2007

© AENOR 2007
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

56 Páginas

Grupo 33

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
(IEC 61000-4-3:2006)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4-3: Testing and measurement techniques.
Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.
(IEC 61000-4-3:2006)

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure.
Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques.
(CEI 61000-4-3:2006)

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).
Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren.
Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder.
(IEC 61000-4-3:2006)

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2006-03-01. 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 organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania, Suecia y Suiza.

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

PRÓLOGO

El texto del documento 77B/485/FDIS, futura edición 3 de la Norma Internacional IEC 61000-4-3, preparado por el Subcomité SC 77B, *Fenómenos de alta frecuencia*, del Comité Técnico TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de IEC, fue sometido a voto paralelo IEC-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-3 el 2006-03-01.

Esta norma anula y sustituye a las Normas EN 61000-4-3:2002 + A1:2002 + IS1:2004.

El rango del ensayo de frecuencia se puede extender hasta 6 GHz para tener en cuenta los nuevos servicios. La calibración del campo así como la verificación de la linealidad del amplificador de potencia de la cadena de inmunidad se especifican.

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) | 2006-12-01 |
| – Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con esta norma | (dow) | 2009-03-01 |

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional IEC 61000-4-3:2006 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	9
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	10
2 NORMAS PARA CONSULTA	10
3 DEFINICIONES	10
4 GENERALIDADES	13
5 NIVELES DE ENSAYO	13
5.1 Niveles de ensayo referidos a casos generales.....	14
5.2 Niveles de ensayo referidos a la protección contra las emisiones de frecuencias radioeléctricas de los teléfonos digitales y otros emisores radioeléctricos	14
6 EQUIPO DE ENSAYO	15
6.1 Descripción de las instalaciones para los ensayos	15
6.2 Calibración del campo.....	16
7 INSTALACIÓN DE ENSAYO	21
7.1 Instalación de un equipo de sobremesa.....	21
7.2 Instalación de un equipo dispuesto sobre el suelo	21
7.3 Disposición del cableado.....	21
7.4 Disposición de un equipo montado sobre un cuerpo humano.....	22
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	22
8.1 Condiciones de referencia del laboratorio	22
8.2 Ejecución del ensayo.....	22
9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO	24
10 INFORME DE ENSAYO	24
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	32
ANEXO B (Informativo) ANTENAS GENERADORAS DEL CAMPO	37
ANEXO C (Informativo) USO DE CÁMARAS ANECOICAS	38
ANEXO D (Informativo) NO LINEALIDADES DEL AMPLIFICADOR Y EJEMPLO PARA EL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE ACUERDO AL APARTADO 6.2	40

ANEXO E (Informativo)	INFORMACIÓN PARA LOS COMITÉS DE PRODUCTOS SOBRE LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO	44
ANEXO H (Informativo)	SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO	47
ANEXO G (Informativo)	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	48
ANEXO H (Normativo)	MÉTODO ALTERNATIVO DE ILUMINACIÓN PARA FRECUENCIAS POR ENCIMA DE 1 GHz (“MÉTODO DE LAS VENTANAS INDEPENDIENTES”).....	53
Figura 1	Definición del nivel de ensayo y de las formas de onda en la salida del generador de señal.....	25
Figura 2	Ejemplo de instalación de ensayo.....	26
Figura 3	Calibración del campo	27
Figura 4	Calibración del campo, dimensiones del área uniforme.....	28
Figura 5	Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo dispuesto sobre el suelo	29
Figura 6	Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa	30
Figura 7	Configuración de medida.....	31
Figura C.1	Múltiples reflexiones existentes en una cámara anecoica pequeña	39
Figura C.2	La mayoría de las ondas reflejadas son eliminadas.....	39
Figura D.1	Posiciones de medida del área de campo uniforme.....	41
Figura H.1	Ejemplo de división del área de calibración en ventanas de 0,5 m × 0,5 m	54
Figura H.2	Ejemplo de iluminación de ventanas sucesivas	55
Tabla 1	Niveles de ensayo relativos a propósito general, radio teléfonos digitales, y otros dispositivos emisores de RF.....	14
Tabla 2	Requisitos para el área de campo uniforme en aplicaciones de iluminación total, iluminación parcial y el método de las ventanas independientes.....	17
Tabla A.1	Comparación de los métodos de modulación (véase el anexo G para las definiciones de GSM y DECT).....	33
Tabla A.2	Niveles relativos de ruido^a.....	34
Tabla A.3	Niveles de inmunidad relativos^a	35
Tabla D.1	Valores de potencia directa medida de acuerdo al método de calibración de la intensidad de campo constante.....	42
Tabla D.2	Valores de potencia directa ordenados de acuerdo al valor ascendente y evaluación del resultado de medida	42
Tabla D.3	Valores de potencia directa e intensidad de campo medida de acuerdo al método de calibración de la potencia constante.....	43
Tabla D.4	Valores de intensidad de campo ordenados de acuerdo al valor ascendente y evaluación del resultado de medida	43
Tabla E.1	Ejemplos de niveles de ensayo, distancias de protección asociadas y sugerencias de criterios de conformidad	45
Tabla G.1	Unidad móvil y portátiles.....	50
Tabla G.2	Estaciones base.....	51
Tabla G.3	Otros dispositivos de radiofrecuencia.....	52

COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL

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

PRÓLOGO

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

La Norma Internacional IEC 61000-4-3 ha sido elaborada por el Subcomité 77B *Fenómenos de alta frecuencia* de IEC, Comité Técnico 77: *Compatibilidad electromagnética*.

Constituye la parte 4-3 de la Norma IEC 61000. Tiene el estatus de norma básica CEM conforme a la Guía 107 *Compatibilidad electromagnética. Guía para la redacción de las normas de compatibilidad electromagnética*.

Esta tercera edición anula y sustituye a la primera edición publicada en 2002, y su modificación 1 (2002) y constituye una revisión técnica. El rango del ensayo de frecuencia se puede extender hasta 6 GHz para tener en cuenta los nuevos servicios. La calibración del campo así como la verificación de la linealidad del amplificador de potencia de la cadena de inmunidad se especifican.

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

FDIS	Informe de voto
77B/485/FDIS	77B/500/RVD

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

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

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

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

INTRODUCCIÓN

Esta norma forma parte de la serie de Normas Internacionales IEC 61000, de acuerdo con la estructura siguiente:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)
Definiciones, terminología

Parte 2: Entorno

Definición 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 6: Normas genéricas

Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez dividida en secciones que serán publicadas como normas internacionales, especificaciones técnicas o como informes técnicos, alguna de las cuales han sido publicadas como sección. Otras serán publicadas con el número de la parte seguido de un guión y un segundo número que identifica la subdivisión (por ejemplo: 61000-6-1).

Esta sección es una norma internacional 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 parte de la Norma IEC 61000 se aplica a la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos a la energía electromagnética radiada. 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. El método de ensayo documentado en esta parte de la Norma IEC 61000 describe un método para valorar la inmunidad de los equipos o sistemas contra el fenómeno definido.

NOTA 1 Como lo descrito en la Guía 107 del IEC, esta es una publicación básica de CEM para el uso por los comités de producto de la IEC. Como se indica en la Guía 107, los comités de producto de la IEC son responsables para determinar si es conveniente aplicar o no esta norma de ensayo de inmunidad y, si es el caso, son responsables de especificar los niveles de ensayo y los criterios de conformidad apropiados. El comité 77 y sus subcomités están preparados para cooperar con los comités de producto en la evaluación de los valores de ensayo de inmunidad particulares para sus productos.

La presente parte trata de los ensayos de inmunidad relativos a la protección contra los campos electromagnéticos de radiofrecuencia de cualquier fuente.

Consideraciones particulares son dedicadas a la protección contra las emisiones a las frecuencias radioeléctricas de radioteléfonos digitales y otros dispositivos de emisión de radiofrecuencia.

NOTA 2 En esta parte 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.

Esta norma es un método de ensayo independiente. Otros métodos de ensayo no pueden ser usados como sustitutos, para dar la conformidad con esta norma.

2 NORMAS PARA CONSULTA

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

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

IEC 61000-4-6 *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 DEFINICIONES

Para los fines de esta parte de la Norma IEC 61000, se aplican las siguientes definiciones, junto con las Normas IEC 60050(161).

3.1 modulación de amplitud:

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

3.2 cámara anecoica:

Recinto apantallado recubierto en sus superficies internas con elementos absorbentes de radiofrecuencia para reducir las reflexiones en dicha superficie.

3.2.1 cámara completamente anecoica:

Recinto apantallado recubierto totalmente en sus superficies internas con material absorbente.

3.2.2 cámara semianecoica:

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

3.2.3 cámara semianecoica modificada:

Cámara semianecoica que lleva absorbentes adicionales instalados en el plano de tierra.

3.3 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.

3.4 simetrizador (transformador simétrico-asimétrico):

Dispositivo que transforma una tensión simétrica en asimétrica o viceversa.

[IEV 161-04-34]

3.5 ondas continuas (OC):

Ondas electromagnéticas, cuyas oscilaciones sucesivas son idénticas bajo condiciones estables, pudiendo ser interrumpidas o moduladas, para el envío de información.

3.6 onda electromagnética:

Energía radiante producida por la oscilación de una carga eléctrica caracterizada por la oscilación de los campos eléctrico y magnético.

3.7 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 λ es la longitud de onda de la radiación.

3.8 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 W/m²; 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. En la medida en que no es generalmente 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.

3.9 banda de frecuencia

Margen continuo de frecuencias existente entre dos límites.

3.10 E_c :

Intensidad de campo aplicado durante a la calibración.

3.11 E_t :

Intensidad de campo aplicado durante los ensayos.

3.12 iluminación total:

Método de ensayo por el cual el ACU (área de campo uniforme) cubre completamente la cara del equipo sometido a ensayo.

3.13 equipo portado por un cuerpo humano:

Equipo que ha sido pensado para ser sujetado o mantenido en las proximidades de un cuerpo humano.

Este termino incluye dispositivos portátiles que son llevados por personas mientras que están funcionando (por ejemplo dispositivos de bolsillo) así como prótesis electrónicas e implantes.

3.14 método de las ventanas independientes:

Método de ensayo (con ACU de $0,5 \times 0,5$ m) donde el ACU no cubre completamente la cara ensayada del equipo sometido a ensayo.

Este método de ensayo puede aplicarse para frecuencias de ensayo superiores a 1 GHz.

3.15 campo de inducción:

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

3.16 dispositivo de emisión de radiofrecuencia intencionada:

Dispositivo que radia (emite) de forma intencionada un campo electromagnético. Teléfonos móviles y otros dispositivos de radio son posibles ejemplos

3.17 isotropía:

Propiedad de presentar valores iguales en todas las direcciones.

3.18 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 lb), la tensión eficaz máxima es la siguiente:

$$V_{\text{ef máxima}} = V_{\text{p-p}} / (2 \times \sqrt{2}) = 1,8 \text{ V}$$

3.19 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 TDMA (time division multiple access).

3.20 P_c :

Potencia directa necesaria para establecer la calibración de la intensidad de campo.

3.21 iluminación parcial:

Método de ensayo (usando un tamaño mínimo de ACU de $1,5 \times 1,5$ m) utilizado cuando la cara del ESE no cubre totalmente el ACU.

En todas las frecuencias de ensayo puede aplicarse este método.

3.22 polarización:

Término utilizado para describir la orientación del vector campo eléctrico de un campo radiado.

3.23 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.

3.24 barrido:

Excursión continua o por pasos a lo largo de un margen de frecuencias.

3.25 acceso múltiple por división en el tiempo TDMA (time division multiple access):

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 cual, 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.

3.26 transmisor-receptor:

Combinación de un transmisor y un receptor de radio dentro de un mismo habitáculo.

3.27 área de campo uniforme (ACU):

Es un hipotético plano vertical de calibración de campo donde las variaciones son aceptablemente pequeñas.

El propósito del campo de calibración es asegurar la validación de los resultados de ensayo. Véase el apartado 6.2.

4 GENERALIDADES

Gran parte de los equipos electrónicos están, de alguna manera, afectados por la radiación electromagnética. Esta radiación es generada por fuentes de propósito general como pequeños transmisores-receptores de radio portátiles usados por personal de explotación, mantenimiento y seguridad, emisores fijos de radio y televisión, emisores de radio utilizados a bordo de vehículos y las diversas fuentes electromagnéticas industriales.

En pocos años ha ido incrementándose significativamente el uso de radioteléfonos y otros dispositivos operan en las frecuencias de 0,8 GHz y 6 GHz. La mayoría de estos servicios usan técnicas de modulación con envolvente no constante (por ejemplo TDMA). Véase el apartado 5.2.

Añadidas a las fuentes electromagnéticas de energía generada deliberadamente, hay también radiaciones causadas por dispositivos como, soldadores, tiristores, luces fluorescentes, conmutadores operando como cargas inductivas, etc. Para la mayor parte, esta interferencia se manifiesta como una interferencia conducida eléctrica y, de esta manera, está tenida en cuenta en otras partes de la serie de la Norma IEC 61000-4. Los métodos empleados para prevenir los efectos de campos electromagnéticos vienen encaminados normalmente en reducir los efectos de las fuentes.

El entorno electromagnético está determinado por la intensidad del campo electromagnético. La intensidad de campo electromagnético no es fácilmente medida sin sofisticados instrumentos ni es fácilmente calculado por medio de ecuaciones y formulas clásicas porque el efecto de las estructuras circundantes o la proximidad de otros materiales distorsionan y/o reflejan las ondas electromagnéticas.

5 NIVELES DE ENSAYO

En la tabla 1 se indican los niveles de ensayo.

Tabla 1 – Niveles de ensayo relativos a propósito general, radio teléfonos digitales, y otros dispositivos emisores de RF

Nivel	Intensidad de campo del ensayo V/m
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Especial

NOTA x es un nivel abierto y la intensidad de campo asociado puede ser cualquier valor. Este nivel puede venir indicado en la norma de producto.

Esta norma no sugiere que un nivel de ensayo único es aplicable sobre todo el margen de frecuencias. Los comités de producto deben seleccionar el nivel de ensayo apropiado para cada margen de frecuencias a ensayar, así como el margen de frecuencias. A título de información para los comités de producto véase el anexo E en la selección de los niveles de ensayo.

La columna de niveles de intensidad de campo, da los valores de la señal portadora no modulada. Para los ensayos con equipos, este nivel de señal portadora es para una modulación en amplitud al 80% modulado por una señal sinusoidal de 1 kHz a fin de simular la perturbación real (véase la figura 1). En el capítulo 8 se indican los detalles de como es realizado el ensayo.

5.1 Niveles de ensayo referidos a casos generales

Los ensayos son normalmente realizados en todo el margen de frecuencias de 80 MHz a 1 000 MHz, sin huecos.

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 IEC 61000-4-3 y la Norma IEC 61000-4-6 (véase el anexo G).

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

NOTA 3 En la Norma IEC 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 por debajo de 80 MHz.

5.2 Niveles de ensayo referidos a la protección contra las emisiones de frecuencias radioeléctricas de los teléfonos digitales y otros emisores radioeléctricos

Los ensayos se realizan normalmente en el margen de frecuencias de 800 MHz a 960 MHz y de 1,4 GHz a 6,0 GHz.

Las frecuencias o bandas de frecuencias seleccionadas para el ensayo están limitadas a las que actualmente operan los radiotéfonos móviles y otros dispositivos de emisión de radiofrecuencia intencionados. Esto no significa que tenga que ser necesario aplicar continuamente sobre el margen entero de frecuencia de 1,4 GHz a 6 GHz. Para estas bandas de frecuencias usadas por radiotéfonos móviles y otros dispositivos de emisión de radiofrecuencia intencionados, los niveles de ensayo especificados se aplican en correspondencia con el margen de frecuencia de operación.

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 y 6 GHz puede reducirse para que se cubran solamente las bandas de frecuencias asignadas a los radiotéfonos digitales y otros emisores de radiofrecuencia intencionados de esos países. En ese caso, debe especificarse en el informe de ensayo la decisión de efectuar ensayos en las bandas reducidas de frecuencias.

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 y otros dispositivos de emisión de radiofrecuencia intencionados.

NOTA 2 El anexo E 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 G 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 y otros dispositivos de emisión de radiofrecuencia intencionados. Otros sistemas que funcionan en este margen de frecuencias, por ejemplo las WLAN que funcionan a 2,4 GHz, o frecuencias mayores, 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 ESE (equipo sometido a ensayo). Se pueden utilizar elementos absorbentes adicionales para atenuar las reflexiones en la cámaras que no están completamente recubiertas.
- *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.
- *Generadores 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 manual (por ejemplo frecuencia, amplitud, índice de modulación), o en caso de incluir sintetizadores de radiofrecuencia, deben ser programados por pasos de frecuencia y tiempos de barrido.

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 ser tal que toda la intensidad de campo de medida en la ACU en cada frecuencia armónica esté al menos 6 dB por debajo del valor de la frecuencia fundamental (véase el anexo D).
- *Antenas de generación de campo (véase el anexo B)*: bicónicas, log-periódica, bocinas o cualquier otro sistema de antenas con polarización lineal, capaz de satisfacer los requisitos de frecuencia.
- *Sensor de campo isotrópico* donde los amplificadores situados en la propia sonda y los optoacopladores presenten una adecuada inmunidad a los campos electromagnéticos, y un enlace por fibra óptica con el indicador situado en una cámara exterior. También es posible usar una unión correctamente filtrada.
- *Material auxiliar asociado para registrar los niveles de potencia* necesarios para un nivel de campo requerido y para controlar la generación de esta señal en los ensayos.

Debe tomarse las precauciones adecuadas para que los materiales auxiliares presenten una inmunidad suficiente.

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 deben realizarse 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 cuidarse 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 será lo suficientemente grande para acomodar el ESE permitiendo al mismo tiempo un control adecuado de la intensidad del campo. Ello incluye cámaras anecoicas o semianecoicas modificadas. La figura 2 muestra un ejemplo de todo ello. Los recintos apantallados asociados, acomodarán la generación del campo, el equipo de monitorización y el equipo que actúa sobre el ESE.

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

El propósito de la calibración de campo es la de garantizar que la uniformidad de campo sobre el equipo bajo ensayo es suficiente para asegurar la validación de los resultados. La Norma IEC 61000-4-3 usa el concepto de área de campo uniforme (ACU, véase la figura 3), como un plano hipotético vertical de campo en el que las variaciones son aceptablemente pequeñas. En un procedimiento común (calibración de campo), se demuestra la capacidad de la instalación de ensayo y el equipo de ensayo para generar tal campo. Al mismo tiempo, se obtiene una base de datos para colocar la intensidad de campo necesaria para el ensayo de inmunidad. La calibración de campo es válida para todos los ESE cuyas caras individuales (incluyendo cualquier cable) son capaces de cubrir totalmente el ACU.

Para la calibración de campo el ESE no está colocado (véase la figura 3). En este procedimiento, se determina la relación entre la intensidad de campo dentro del ACU y la potencia directa aplicada. Durante el ensayo, se calcula la potencia directa requerida a partir de esa relación y la intensidad de campo objetivo. La calibración es válida así como la configuración usada mientras no se cambia para los ensayos, por lo tanto la configuración de la calibración (antena, absorbente adicional, cables, etc.) debe almacenarse. Es importante, así como es razonablemente posible, que se documente la posición exacta de las antenas de generación y los cables. Puesto que pequeños desplazamientos pueden significar efecto en el campo, se debe usar las mismas posiciones también durante los ensayos de inmunidad.

Esto significa que el proceso de calibración debería ser llevado a acabo anualmente y cuando ocurran cambios en la configuración del recinto (reubicar absorbente, desplazar el área, cambiar el equipo, etc.). Antes de cada lote de ensayos (véase el capítulo 8), se debe verificar la validación de la calibración.

La antena emisora debe colocarse a una distancia suficiente para permitir que el área de campo uniforme se encuentre dentro del haz del campo radiado. El sensor de campo debe estar al menos a 1 m de la antena de generación de campo. Es preferible una distancia de 3 m entre la antena y el ACU (véase la figura 3). Esta distancia es medida entre el centro de la antena bicónica, o el extremo de la logperiodica o una antena combinada, o desde el extremo frontal de la antena de bocina. En el informe de calibración y el informe de ensayo se debe indicar la distancia de medida

Salvo que el ESE y sus hilos puedan ser iluminados totalmente dentro de una pequeña superficie, el tamaño del ACU es al menos de 1,5 m × 1,5 m con el lado inferior a una altura de 0,8 m por encima del suelo. El tamaño del ACU no debe ser menor de 0,5 m × 0,5 m. Durante el ensayo de inmunidad, el ESE debe tener la cara iluminada coincidente con el ACU (véanse las figuras 5 y 6).

Con la finalidad de establecer la severidad del ensayo para los ESE y sus cables que deben ser ensayados cerca del plano de tierra (plano de referencia), la amplitud de campo también debe ser registrada a una altura de 0,4 m. El dato obtenido es anotado en el informe de calibración pero no es considerado para la idoneidad de la instalación ni para la base de datos de la calibración.

Debido a las reflexiones en el suelo de la cámara semianecoica, es difícil para establecer una ACU cerca del plano de tierra de referencia. Para solventar el problema se puede usar material absorbente en el plano de referencia de tierra (véase la figura 2).

El ACU está subdividido en cuadrículas con un espaciamento cada una de 0,5 m (véase la figura 4 como un ejemplo de ACU de 1,5 m × 1,5 m). En cada frecuencia, un campo es considerado uniforme si la magnitud de medida en el punto de la cuadrícula está entre $\begin{matrix} -0 \\ +6 \end{matrix}$ dB respecto del valor nominal y no es menor del 75% de todos los puntos de las cuadrículas (por ejemplo si al menos 12 de los 16 puntos de un ACU de 1,5 m × 1,5 m medidos están dentro de la tolerancia). Para un ACU mínimo de 0,5 m × 0,5 m, la magnitud de campo para los cuatro puntos debe encontrarse en esta tolerancia.

NOTA 1 En diferentes frecuencias, pueden estar dentro de tolerancia diferentes puntos de medida.

La tolerancia de $\begin{matrix} -0 \\ +6 \end{matrix}$ dB ha sido elegida para asegurar que la intensidad de campo no caiga por debajo del valor nominal con una probabilidad aceptable. La tolerancia de 6 dB es considerada, en la práctica, como la mínima realizable para las instalaciones de ensayo.

En el margen de frecuencias hasta 1 GHz, está permitida una tolerancia mayor de +6 dB, hasta los +10 dB, pero nunca menor de -0 dB para un máximo del 3% de las frecuencias de ensayo, con tal que la tolerancia real venga indicada en el informe de ensayo. En caso de disputa, prevalece la tolerancia de $\begin{matrix} -0 \\ +6 \end{matrix}$ dB.

Si el área pensada para ser ocupada por la cara del ESE es mayor de 1,5 m × 1,5 m y si no se puede tener un ACU con las dimensiones suficientes (método preferido), entonces el área pensada para ser ocupada por el ESE puede ser iluminada en una serie de ensayos parciales (“iluminación parcial”). Sea:

- una calibración que debe ser efectuada para diferentes posiciones de la antena de generación, de tal manera que ACU combinadas cubran la superficie total ocupada por el ESE; el ESE debe siempre ensayarse con la antena en cada una de las posiciones sucesivamente;
- o el que el ESE debe moverse en diferentes posiciones de tal manera que cada parte del ESE caiga dentro del ACU durante por lo menos uno de los ensayos.

NOTA 2 Es necesaria una calibración completa para cada posición de antena.

En la tabla 2 se demuestra el concepto de iluminación total e iluminación parcial así como donde y como puede ser aplicado.

Tabla 2 – Requisitos para el área de campo uniforme en aplicaciones de iluminación total, iluminación parcial y el método de las ventanas independientes

Rango de frecuencia	Requisitos para el tamaño y la calibración del ACU cuando el ESE se adapta completamente al ACU (Iluminación total, método preferido)	Requisitos para el tamaño y la calibración del ACU cuando el ESE no se adapta completamente al ACU (Iluminación parcial y ventanas independientes, métodos alternativos)
Menor de 1 GHz	Tamaño mínimo del ACU 0,5 m × 0,5 m Tamaño del ACU para pasos del tamaño de la cuadrícula de 0,5 m (por ejemplo 0,5 m × 0,5 m; 0,5 m × 1,0 m; 1,0 m × 1,0 m; etc.) Calibración en pasos de cuadrícula de 0,5 m × 0,5 m El 75% de los puntos de calibración dentro de las especificaciones si el ACU es mayor de 0,5 m × 0,5 m. El 100% (los 4 puntos) tiene que estar en las especificaciones para un ACU de 0,5 m × 0,5 m.	ILUMINACIÓN PARCIAL Tamaño mínimo del ACU 1,5 m × 1,5 m Tamaño del ACU para pasos del tamaño de la cuadrícula de 0,5 m (por ejemplo 1,5 m × 1,5 m; 1,5 m × 2,0 m; 2,0 m × 2,0 m; etc.) Calibración en pasos de cuadrícula de 0,5 m × 0,5 m El 75% de los puntos de calibración dentro de las especificaciones.

Rango de frecuencia	Requisitos para el tamaño y la calibración del ACU cuando el ESE se adapta completamente al ACU (Iluminación total, método preferido)	Requisitos para el tamaño y la calibración del ACU cuando el ESE no se adapta completamente al ACU (Iluminación parcial y ventanas independientes, métodos alternativos)
Mayor de 1 GHz	<p>Tamaño mínimo del ACU 0,5 m × 0,5 m</p> <p>Tamaño del ACU para pasos del tamaño de la cuadrícula de 0,5 m (0,5 m × 0,5 m; 0,5 m × 1,0 m; 1,0 m × 1,0 m; etc.)</p> <p>Calibración en pasos de cuadrícula de 0,5 m × 0,5 m</p> <p>El 75% de los puntos de calibración dentro de las especificaciones si el ACU es mayor de 0,5 m × 0,5 m. El 100% (los 4 puntos) tiene que estar en las especificaciones para un ACU de 0,5 m × 0,5 m.</p>	<p>MÉTODO DE VENTANAS INDEPENDIENTES</p> <p>Ventanas de 0,5 m × 0,5 m (véase el anexo H)</p> <p>ILUMINACIÓN PARCIAL</p> <p>Ventanas de 1,5 m × 1,5 m y mas grandes por incrementos de 0,5 m (por ejemplo, 1,5 m × 2,0 m; 2,0 m × 2,0 m; etc.)</p> <p>Calibración en pasos de cuadrícula de 0,5 m × 0,5 m</p> <p>El 75% de los puntos de calibración dentro de las especificaciones si el ACU es mayor de 0,5 m × 0,5 m. El 100% (los 4 puntos) tiene que estar en las especificaciones para un ACU de 0,5 m × 0,5 m.</p>

Si los requisitos de este sub-apartado pueden ser satisfechos hasta ciertos límites de frecuencia (mayor que 1 GHz), por ejemplo debido a que el ancho de haz de la antena es insuficiente para iluminar el ESE entero, entonces para frecuencias mayores que esa, se puede utilizar un segundo método alternativo (conocido como “método de las ventanas independientes”), descrito en el anexo H.

Generalmente la calibración del campo en una cámara anecoica y semianecoica tiene que ser realizada usando la configuración mostrada en la figura 7. La calibración debe ser siempre realizada con una portadora no modulada para ambas polarizaciones horizontal y vertical de acuerdo con los pasos dados anteriormente. Esto es necesario para asegurar que los amplificadores puedan funcionar con modulación y no estar saturados durante el ensayo. El método preferido para que los amplificadores no estén en saturación durante el ensayo es que la calibración sea llevada a cabo con intensidades de campo de al menos 1,8 veces tan alto como la intensidad de campo aplicada al ESE. Esta intensidad de campo se indicará como E_c . E_c es un valor aplicable solo en la calibración. La intensidad de campo del ensayo E_t no debe exceder de $E_c/1,8$.

NOTA 3 Se pueden utilizar otros métodos para asegurar que no se está saturando los amplificadores.

A continuación se describen dos métodos diferentes de calibración usando como ejemplo un ACU de 1,5 m × 1,5 m (16 puntos). Estos métodos son los considerados para dar el mismo campo uniforme.

6.2.1 Método de calibración de la intensidad de campo constante

La intensidad de campo constante de un campo uniforme se establece y mide por medio de un sensor de campo calibrado a cada frecuencia particular y en cada uno de los dieciséis puntos consecutivamente uno tras otro (véase la figura 4) usando el paso descrito en el capítulo 8, y ajustando debidamente la potencia directa.

La potencia directa necesaria para establecer la intensidad de campo elegida debe ser medida de acuerdo con la figura 7 y se almacenará en unidades de dBm para cada uno de los 16 puntos.

El procedimiento seguido en ambas polarizaciones horizontal y vertical es el siguiente:

- Se coloca el sensor en uno de los 16 puntos de la cuadrícula (véase la figura 4), y seleccionar en la salida del generador de señal la frecuencia mas baja del margen establecido en el ensayo (por ejemplo 80 MHz).
- Se ajusta la potencia directa en la antena de generación de campo, de forma que la intensidad de campo obtenida sea igual a la intensidad de campo requerida en el ensayo E_c . Se almacena la potencia directa leída.

- c) Se aumenta la frecuencia en un máximo de 1% de la frecuencia presente.
- d) Se repiten los pasos b) y c) hasta que la siguiente frecuencia en la secuencia exceda el mayor valor de frecuencia del margen de ensayo. Finalmente, se repite el paso b) en la mayor frecuencia (por ejemplo 1 GHz).
- e) Se repiten los pasos a) al d) para cada punto de la cuadrícula.

En cada frecuencia:

- f) Se ordenan de manera ascendente las 16 lecturas de potencia directa.
- g) Se comienza en el valor mas alto y se verifica si al menos las 11 lecturas debajo de este valor están dentro de la tolerancia de -6 dB a $+0$ dB de aquel valor.
- h) Si no están dentro de la tolerancia de -6 dB a $+0$ dB, se vuelve al mismo procedimiento, comenzando por la lectura inmediatamente por debajo y así sucesivamente (reseñar que hay solamente cinco posibilidades para cada frecuencia).
- i) Se acaba el procedimiento si al menos 12 valores se encuentran dentro de la tolerancia de 6 dB y se almacena a partir de esta la potencia directa máxima. Se anota la máxima potencia directa como P_c .
- j) Se confirma que el sistema de ensayo (por ejemplo el amplificador de potencia) no esté en saturación. Asumiendo que E_c ha sido elegido como 1,8 veces E_t , se realiza el siguiente procedimiento en cada frecuencia de calibración:
 - j-1) se disminuye la salida del generador de señal 5,1 dB del nivel necesario para establecerla potencia directa de P_c , como se estableció en los pasos anteriores. ($-5,1$ dB es lo mismo que $E_c/1,8$);
 - j-2) se almacena la nueva potencia directa entregada a la antena;
 - j-3) se resta la potencia directa medida en el paso j-2 de P_c . Si la diferencia está entre 3,1 y 5,1, entonces el amplificador no está saturado y la configuración es la correcta para el ensayo. Si la diferencia es menor de 3,1 dB, entonces el amplificador está saturado y no es apropiado para el ensayo.

NOTA 1 Si en una frecuencia específica, la relación entre E_c y E_t es R (dB), donde $R = 20 \log (E_c/E_t)$, entonces en el ensayo de potencia se cumple $P_t = P_c - R$ (dB). Los subíndices c y t se refieren a la calibración y el ensayo respectivamente. El campo es modulado de acuerdo con el capítulo 8.

Un ejemplo descriptivo de la calibración viene especificado en el apartado D.4.1.

NOTA 2 En cada frecuencia es necesario asegurar que el amplificador no está saturado. Esto se comprueba bien verificando 1 dB de compresión del amplificador. Por otra parte, la compresión de 1 dB del amplificador es verificada con una terminación de 50Ω cuando la impedancia de la antena usada en el ensayo es diferente de 50Ω . La saturación del sistema de ensayo es asegurada confirmando el punto de compresión de 2 dB descrito en el paso j). Para más información véase el anexo D.

6.2.2 Método de calibración de potencia constante

La intensidad de campo del campo uniforme se debe establecer y medir por medio de un sensor de campo calibrado en cada frecuencia particular y en cada uno de los dieciséis puntos consecutivamente uno tras otro (véase la figura 4) usando el paso descrito en el capítulo 8, y ajustando debidamente la potencia directa.

La potencia directa necesaria para establecer la intensidad de campo en la posición de comienzo se mide de acuerdo con la figura 7, anotándose su valor. Para el total de los 16 puntos se aplica la misma potencia directa. La intensidad de campo creada por esta potencia directa tiene que ser almacenada en cada uno de los 16 puntos.

El procedimiento seguido en ambas polarizaciones horizontal y vertical es el siguiente:

- a) Se coloca el sensor en uno de los 16 puntos de la cuadrícula (véase la figura 4), y se selecciona la frecuencia mas baja del margen de frecuencias del ensayo a la salida del generador de señal (por ejemplo 80 MHz).

- b) Se aplica una potencia directa en la antena de generación de campo, de forma que la intensidad de campo obtenida sea igual a la intensidad de campo requerida en el ensayo E_c (teniendo en cuenta que el campo en el ensayo estará modulado). Se almacena la potencia directa y la intensidad de campo leídas.
- c) Se aumenta la frecuencia en un máximo de 1% de la presente frecuencia.
- d) Se repiten los pasos b) y c) hasta que la siguiente frecuencia en la secuencia exceda el mayor valor de frecuencia del margen de ensayo. Finalmente, se repite el paso b) en la mayor frecuencia (por ejemplo 1 GHz).
- e) Se mueve el sensor a otra posición de la rejilla. En cada una de las frecuencias usadas en los pasos a) a d), se aplica la potencia directa almacenada en el paso b) para esa frecuencia, y se almacena la intensidad de campo leída.
- f) Se repite el paso e) para cada punto de la cuadrícula.

En cada frecuencia:

- g) Se ordenan las 16 lecturas de potencia directa en orden ascendente.
- h) Se selecciona una intensidad de campo como referencia y se calcula la desviación respecto de esta referencia para el resto de todas las posiciones en decibelios.
- i) Se comienza desde el menor valor de la intensidad de campo y se verifica si al menos hay 11 lecturas que se encuentran por encima de este valor en la tolerancia de ± 6 dB del menor valor.
- j) Si no están dentro de la tolerancia de ± 6 dB, volver a realizar el mismo procedimiento, comenzando por la lectura inmediatamente por encima y así sucesivamente (hay solamente cinco posibilidades para cada frecuencia).
- k) Se finaliza el procedimiento si al menos 12 valores se encuentran dentro de 6 dB y tomándose de estos valores la posición donde la menor intensidad de campo fue obtenida como referencia.
- l) Se calcula la potencia directa necesaria para crear la intensidad de campo necesaria en la posición de referencia. Indicándose por P_c esta potencia directa.
- m) Se confirma que el sistema de ensayo (por ejemplo el amplificador de potencia) no esté en saturación. Asumiendo que E_c ha sido elegido como 1,8 veces E_t , se realiza el siguiente procedimiento en cada frecuencia de calibración:
 - m-1) se disminuye la salida del generador de señal 5,1 dB del nivel necesario para establecerla potencia directa de P_c , como se estableció en los pasos anteriores. (-5,1 dB es lo mismo que $E_c/1,8$);
 - m-2) se almacena la nueva potencia directa entregada a la antena;
 - m-3) se resta la potencia directa medida en el paso m-2 de P_c . Si la diferencia está entre 3,1 dB y 5,1 dB, entonces el amplificador no está saturado y la configuración es la correcta para el ensayo. Si la diferencia es menor de 3,1 dB, entonces el amplificador está saturado y no es apropiado para el ensayo.

NOTA 1 Si en una frecuencia específica, la relación entre E_c y E_t es R (dB), donde $R = 20 \log (E_c/E_t)$, entonces en el ensayo de potencia $P_t = P_c - R$ (dB). Los subíndices c y t se refieren a la calibración y el ensayo respectivamente. El campo es modulado de acuerdo con el capítulo 8.

Un ejemplo descriptivo de la calibración viene especificado en el apartado D.4.2.

NOTA 2 En cada frecuencia es necesario asegurar que el amplificador no está saturado. Esto se comprueba bien verificando 1 dB de compresión del amplificador. Por otra parte, la compresión de 1 dB del amplificador es verificada con una terminación de 50 Ω cuando la impedancia de la antena usada en el ensayo es diferente de 50 Ω . La saturación del sistema de ensayo es asegurada confirmando el punto de compresión de 2 dB descrito en el paso m). Para más información véase el anexo D.

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 situado en su habitáculo, equipado con todas sus tapas y paneles de acceso, salvo que exista una especificación contraria.

Si el equipo está destinado a ser instalado 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 tiene que instalarse sobre un soporte, este último no debe ser metálico ni conductor. Pueden utilizarse materiales de baja constante dieléctrica (baja permitividad), como poliestireno rígido. 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.

NOTA 1 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.

NOTA 2 En altas frecuencias (por ejemplo encima de 1 GHz), las mesas o soportes de madera o cristal reforzado con plástico pueden ser materiales reflectores. Así, un material de baja constante dieléctrica (baja permitividad), como el poliestireno rígido, debería usarse para evitar perturbaciones radioeléctricas y reducir la uniformidad de campo.

7.1 Instalación de un equipo de sobremesa

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

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

7.2 Instalación de un equipo dispuesto sobre el suelo

El equipo debería colocarse sobre un soporte no conductor de 0,05 m a 0,15 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 hecho 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 ser dispuesto 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 expresamente solicitada por los comités de producto. Esta variante del método normalizado de ensayo debe ser anotada en el informe del ensayo.

NOTA Puede usarse como soportes cilindros no conductores de 0,05 m a 0,15 m.

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

7.3 Disposición del cableado

Los cables deben estar conectados al ESE y colocados en el lugar de ensayo de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante y debe reproducirse lo mejor posible una instalación y el modo de utilización típico.

Deben utilizarse los cables y conectores especificados por el fabricante. Si no se especifica el tipo de cableado a la entrada y salida del ESE, deben emplearse conductores paralelos no apantallados.

Si en las especificaciones del fabricante la longitud de los cables es menor o igual a 3 m, entonces se debe utilizar la longitud especificada por el fabricante. Si la longitud es mayor de 3 m, o no viene especificada, entonces la longitud del cable usada debe ser la normalmente utilizada en instalaciones prácticas típicas. Si es posible, una longitud mínima de 1 m tiene que ser expuesta al campo electromagnético. Para el exceso de longitud de los cables interconectados a unidades del ESE se debe realizar un lazo de baja inductividad en el centro del cable y de un tamaño de 30 cm a 40 cm.

Si los comités de producto determinan que el exceso de longitud del cable necesite ser desacoplado (por ejemplo, los cables que abandonan el área de ensayo), el método de desacoplamiento usado no debe deteriorar el funcionamiento del ESE.

7.4 Disposición de un equipo montado sobre un cuerpo humano

Un equipo montado sobre un cuerpo humano (véase la definición 3.13) puede ensayarse de la misma manera que un equipo de sobremesa. Sin embargo, esto puede llevar a una severidad muy fuerte o muy débil dado que no se tienen en cuenta las características del cuerpo humano. Por esta razón, los comités de productos tratarán de especificar el uso de un simulador del cuerpo humano con sus características dieléctricas apropiadas.

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo incluye:

- la comprobación de las condiciones de referencia del laboratorio;
- la comprobación preliminar de la correcta operación del equipo;
- la ejecución del ensayo;
- la evaluación de los resultados de ensayo.

8.1 Condiciones de referencia del laboratorio

Con el fin de minimizar el efecto de los parámetros ambientales en el resultado de ensayo, el ensayo debe ser llevado a cabo en las condiciones climáticas y electromagnéticas de referencia como las especificadas en los apartados 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas

De no ser que no sea especificado por los comités responsables de las normas de producto o genérica, las condiciones climáticas en el laboratorio deben estar dentro de los límites especificados por el fabricante de ESE o del equipo de laboratorio.

Los ensayos no se deben realizar si la humedad relativa es tan alta que causa condensación en el ESE o el equipo de ensayo.

NOTA Cuando hay una evidencia suficiente, en considerar que los efectos del fenómeno cubierto están influenciados por las condiciones climáticas, deberían ser tomadas en cuenta por los comités responsables de dicha norma.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas

Se debe garantizar las condiciones electromagnéticas del laboratorio para el correcto funcionamiento del ESE de tal manera que no influya en los resultados.

8.2 Ejecución del ensayo

El ensayo debe efectuarse conforme a un plan de ensayos que debe incluir la verificación del cumplimiento del ESE conforme a las especificaciones técnicas.

El ESE debe ensayarse en las condiciones normales de operación.

El plan de ensayos debe contener:

- el tamaño del ESE;
- las condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- si el ESE se debe ensayar como un equipo de sobremesa o dispuesto sobre el suelo, o una combinación de ambos;
- para equipos de suelo, la altura del soporte;
- el tipo de instalación de ensayo empleado y la posición de las antenas transmisoras;
- el tipo de antenas usadas;
- el margen de frecuencia, tiempo de permanencia y pasos de frecuencia;
- el tamaño y la forma del área de campo uniforme;
- si se usa iluminación parcial;
- 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 tienen que conectarse;
- los criterios de conformidad aplicados;
- una descripción del método utilizado para comprobar el ESE.

Los procedimientos de ensayo descritos en este apartado están destinados a la utilización de antenas transmisoras tales como las definidas en el capítulo 6.

Antes del ensayo, es conveniente controlar el valor de intensidad de campo para verificar que el material/sistema sometido a ensayo funciona correctamente.

Después que la calibración ha sido verificada, el campo de ensayo puede ser generado utilizando los valores obtenidos en la calibración (véase el apartado 6.2)

El equipo sometido a ensayo está inicialmente dispuesto con una cara coincidiendo con el plano de calibración. La cara del ESE iluminada debe estar contenida dentro del ACU, a menos que se aplique una iluminación parcial. Véase el apartado 6.2 mirando la calibración del campo y la iluminación parcial usada.

El rango de frecuencias considerado es barrido con la señal modulada de acuerdo a los apartados 5.1 y 5.2, interrumpiéndose cuando sea necesario ajustar el nivel de señal de RF o conmutar los osciladores y antenas. Cuando el rango de frecuencias es incrementado por barrido, el tamaño del paso no debe exceder del 1% de la frecuencia precedente.

El tiempo que permanece la amplitud de la portadora modulada en cada frecuencia, no debe ser menor que el tiempo necesario para someter el ESE al ensayo y que pueda responder, no siendo nunca menor de 0,5 s. Las frecuencias sensibles (por ejemplo las frecuencias de reloj) deben ser analizadas separadamente de acuerdo a los requisitos de las normas de producto.

El ensayo debe ser normalmente realizado con la antena de generación enfrentada a cada cara del ESE. Cuando el equipo puede ser utilizado en diferentes orientaciones (es decir en vertical u horizontal) todas las caras deben ser expuestas al campo durante el ensayo. Algunos equipos sometidos a ensayo pueden ser ensayados por la exposición de pocas caras a la antena de generación, cuando pueda justificarse técnicamente. En otros casos, condicionados por ejemplo por el tipo o tamaño del ESE o de las frecuencias de ensayo, puede ser necesario el exponerlo a más de cuatro azimut.

NOTA 1 Cuando las dimensiones eléctricas del ESE aumentan, la complejidad del diagrama de campo de la antena aumenta también. La complejidad del diagrama de la antena puede afectar al número de posiciones necesarias para determinar una inmunidad mínima.

NOTA 2 Si el ESE se compone de diferentes elementos, no es necesario modificar la posición de cada elemento en el ESE mientras se efectúe la iluminación en las diferentes caras.

La polarización del campo generado por la antena necesita ensayar cada cara seleccionada dos veces, una vez con la antena colocada en posición vertical, y una segunda vez con la antena colocada en horizontal.

Se debe intentar todo lo necesario para medir totalmente al ESE con la finalidad de verificar su inmunidad en todos los modos de funcionamiento críticos seleccionados. Es conveniente utilizar programas de ensayo especiales.

9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO

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 conformidad, por los comités responsables de las normas genéricas, de producto y de familia de productos, o como marco de acuerdo sobre los criterios de conformidad 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 conformidad 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 conformidad 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;
- una completa descripción de la posición y orientación del equipo y el cableado deben ser incluidos en el informe de ensayo; en algunos casos una fotografía puede ser suficiente.

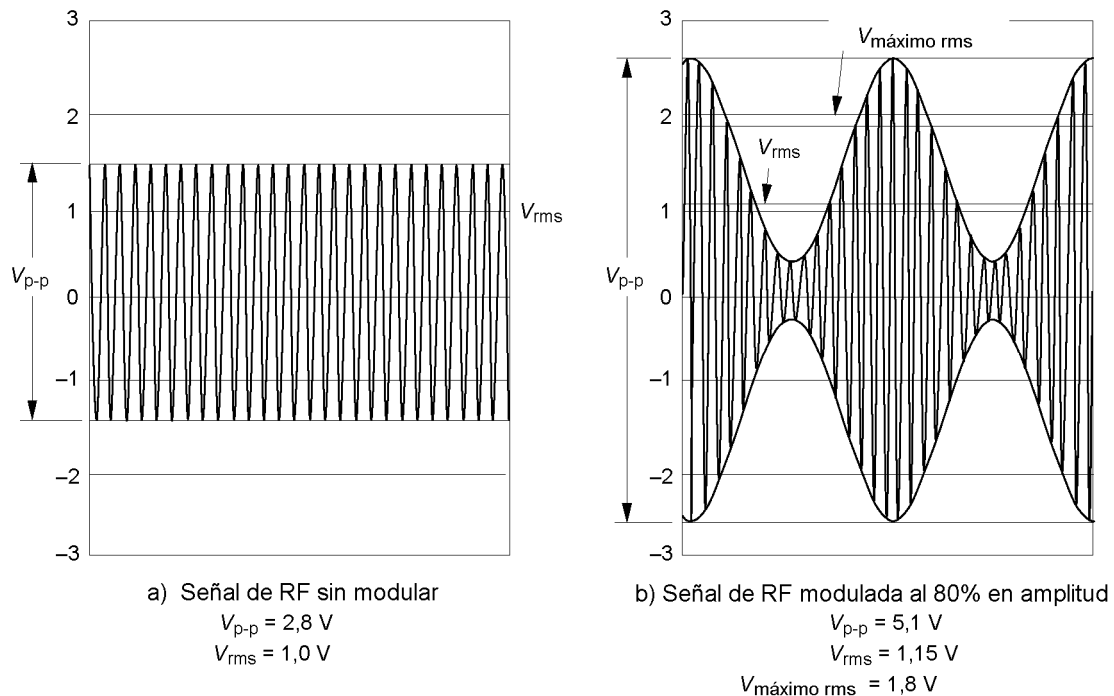
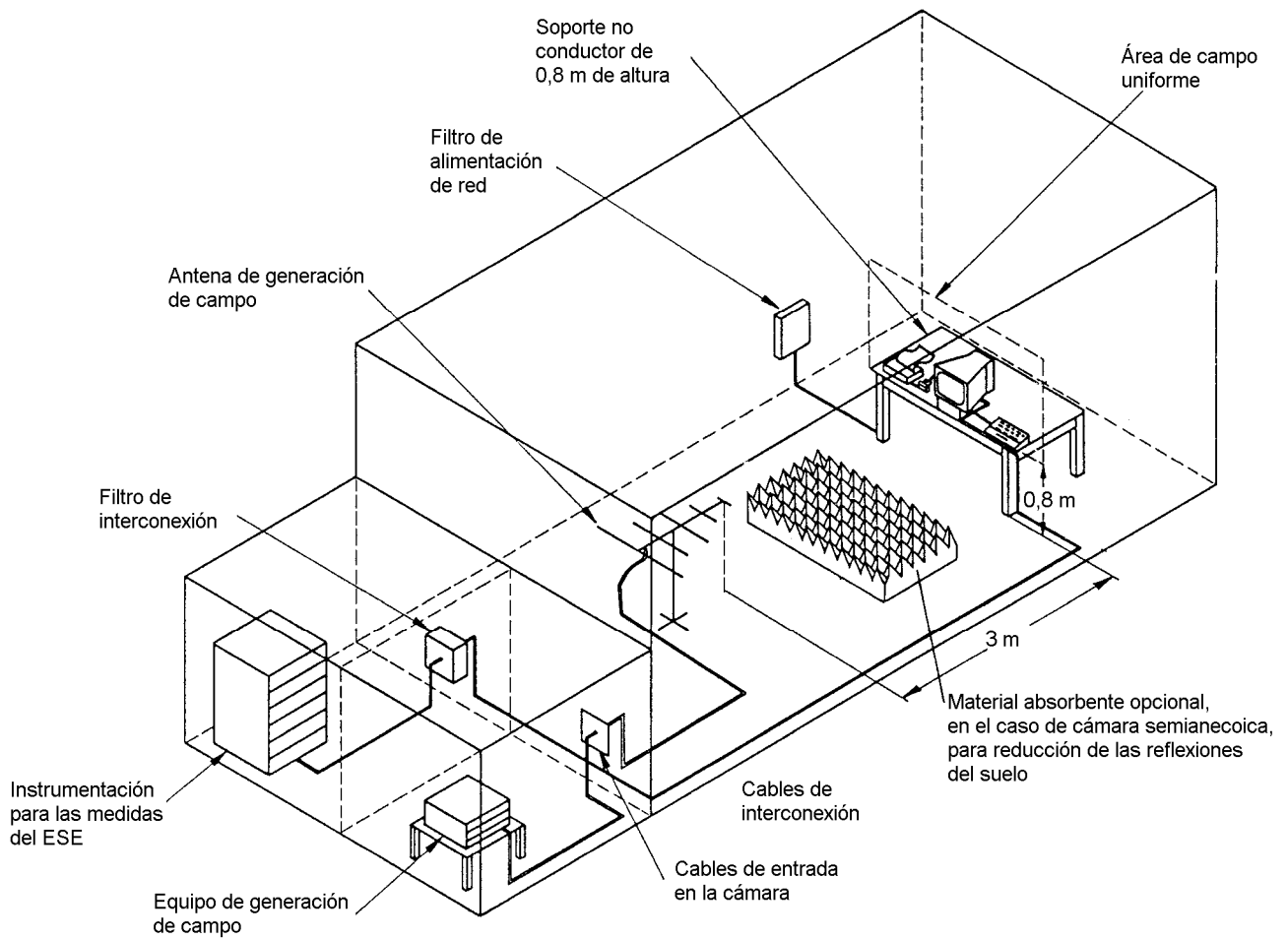


Figura 1 – Definición del nivel de ensayo y de las formas de onda en la salida del generador de señal



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

Figura 2 – Ejemplo de instalación de ensayo

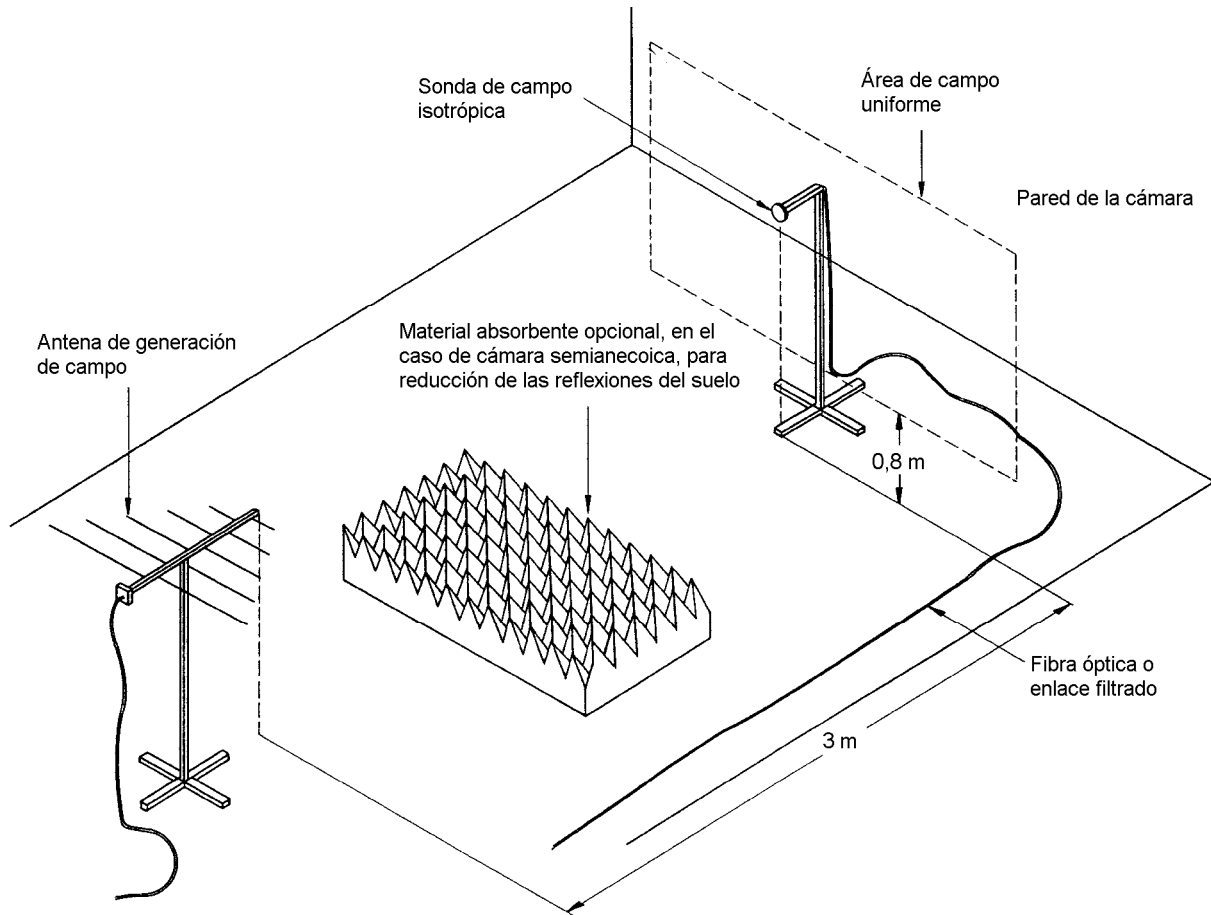


Figura 3 – Calibración del campo

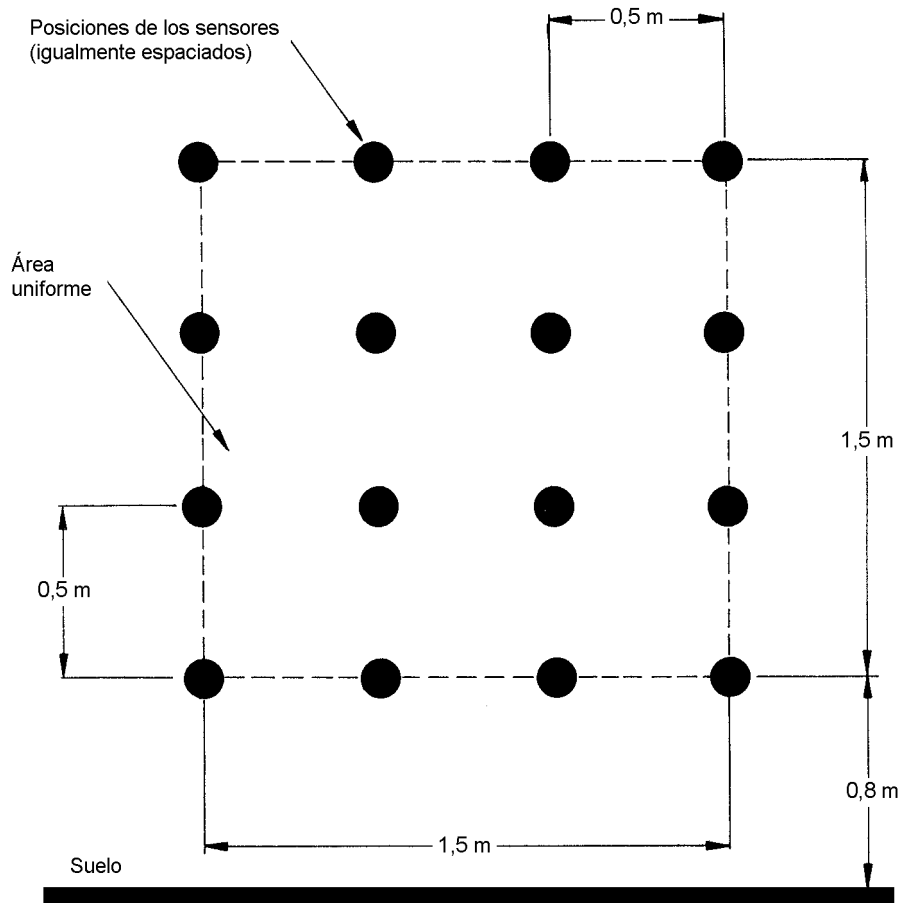
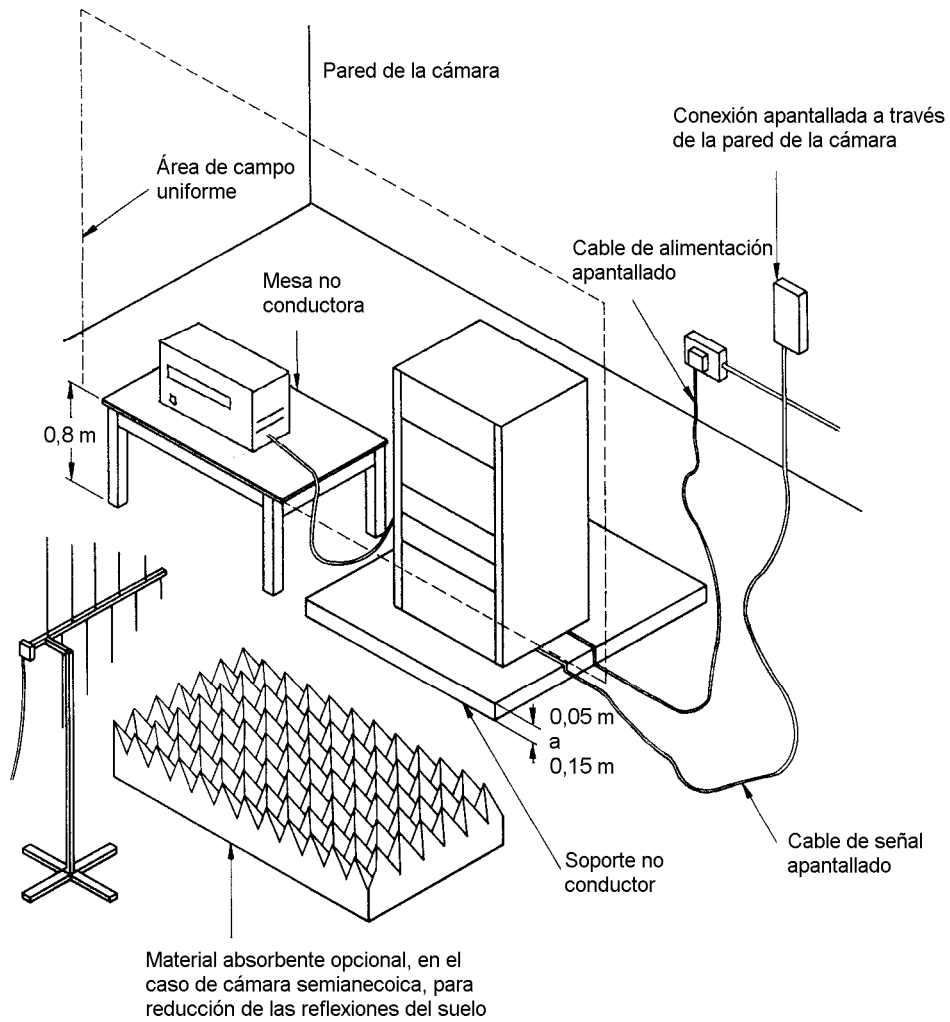


Figura 4 – Calibración del campo, dimensiones del área uniforme



NOTA El material de revestimiento anecoico se ha omitido de las paredes para claridad.

Figura 5 – Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo dispuesto sobre el suelo

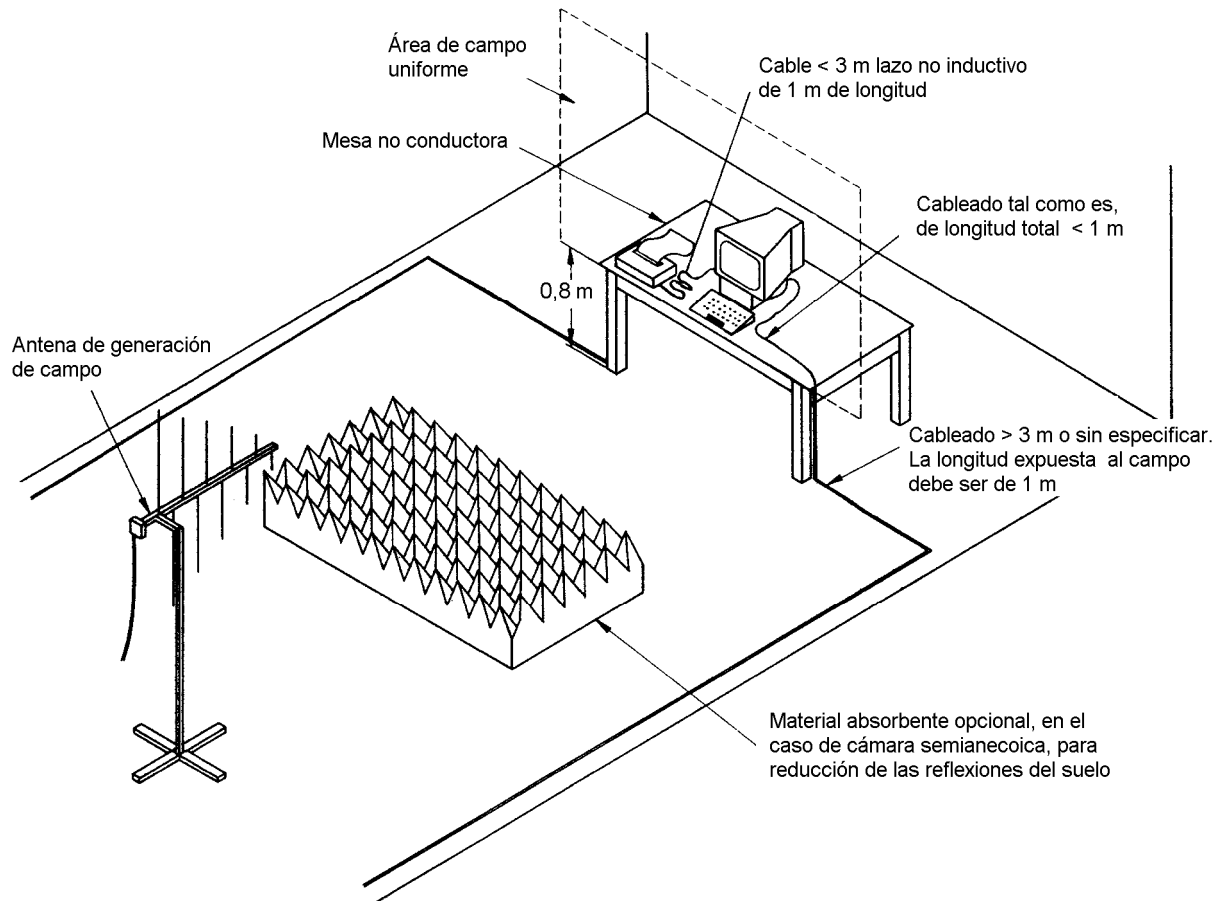
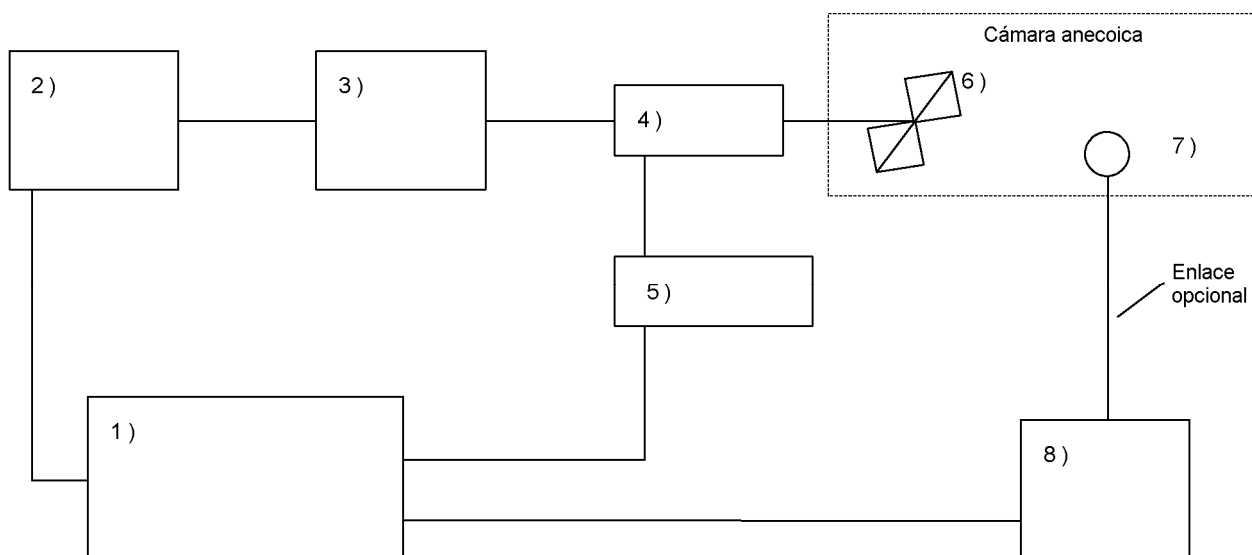


Figura 6 – Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa



Leyenda

- 1) Controlador, por ejemplo PC
- 2) Generador de señal
- 3) Amplificador de potencia
- 4) Acoplador direccional^a
- 5) Instrumentación de medida^a
- 6) Antena de transmisión
- 7) Sensor de campo
- 8) Medidor de campo

^a El acoplador direccional y el medidor de potencia pueden ser reemplazado por un detector o monitor de potencia insertado entre el amplificador 3) y la antena 6).

Figura 7 – Configuración de medida

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 al 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 G 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 G para las definiciones de GSM y DECT)

Método de modulación	Ventajas	Desventajas
Modulación de amplitud de onda sinusoidal	<p>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.</p> <p>2 No hace falta especificar (ni medir) el tiempo de subida del pulso TDMA.</p> <p>3 Es usada en esta norma y en la Norma IEC 61000-4-6.</p> <p>4 Se dispone ya de los equipos de generación y control.</p> <p>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</p> <p>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 mas bajas.</p>	<p>1 No simula el TDMA</p> <p>2 Ensayo ligeramente más restrictivo para receptores de la ley de segundo orden</p> <p>3 Pueden no detectarse ciertos mecanismos de fallo</p>
Modulación de amplitud de onda cuadrada	<p>1 Igual a TDMA.</p> <p>2 Puede emplearse universalmente.</p> <p>3 Puede revelar mecanismos de fallo “desconocidos” (sensible a una gran variación de la envolvente de radiofrecuencia)</p>	<p>1 No simula exactamente el TDMA</p> <p>2 Necesita un equipo especializado para generar la señal</p> <p>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</p> <p>4 Necesita especificarse el tiempo de subida</p>
Modulación por impulsos de RF	<p>1 Buena simulación del TDMA.</p> <p>2 Puede revelar mecanismos de fallo “desconocidos”(sensibilidad a una gran variación de la envolvente de RF)</p>	<p>1 Necesita un equipo especializado para generar la señal</p> <p>2 Los detalles de la modulación necesitan modificarse para que correspondan a cada sistema (por ejemplo GSM, DECT...)</p> <p>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</p> <p>4 Necesita especificarse el tiempo de subida</p>

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:

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

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 ^a

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

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

^b Importante: la amplitud de la portadora se ajusta de manera que el valor eficaz máximo (véase el capítulo 3) de la señal perturbadora (perturbación) sea la misma para todas las modulaciones.

^c 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.

^d Este caso se elige como la respuesta de audio de referencia, es decir 0 dB.

^e 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.

^f 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 ^a

Método de modulación ^b		Modulación de amplitud de onda sinusoidal al 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
Receptor TV ^c	Interferencia detectable	0 ^d	-2	-2
	Interferencia importante	+4	+1	+2
	Pantalla apagada	~+19	+18	+19
Terminal de datos con interfaz RS232^e	Interferencia en la pantalla de vídeo	0 ^d	0	–
	Errores de datos	> +16	> +16	–
Modem RS232^f	Errores de datos (inyectados en el interfaz telefónico)	0 ^d	0	0
	Errores de datos (inyectados en el interfaz RS232)	> +9	> +9	> +9
Alimentación estabilizada de laboratorio ^g	Error del 2% en la corriente continua de salida	0 ^d	+3	+7
Caja de conexión JDS^h	Umbral de aparición de errores binarios	0 ^d	0	–

^a Los números de las tablas representan una medida relativa del nivel eficaz máximo (véase el capítulo 3) 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.

^b La señal perturbadora se regula de modo que la misma respuesta (interferencia) se produzca para todas las modulaciones.

^c 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 de la interferencia difiere según el caso.

^d Este caso se elige como el nivel de inmunidad de referencia, es decir 0 dB.

^e La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica a 900 MHz inyectada en el cable RS232.

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

^g La perturbación es una corriente a frecuencia radioeléctrica a 900 MHz inyectada en el cable de salida de corriente continua.

^h JDS = jerarquía digital síncrona. La perturbación es un campo electromagnético incidente a 935 MHz.

Los siguientes equipos digitales han sido ensayados 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 75Ω;
- modem de 2 Mb con cable doble trenzado de 120 Ω;
- controlador industrial con microprocesador, pantalla vídeo e interfaz RS485;
- 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 será asociado 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 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 de onda sinusoidal y el TDMA, 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 de onda 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 al 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

Esta antena consiste en un simetrizador de antena y de un elemento tridimensional que proporciona un amplio margen de frecuencias que se puede 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 ser utilizada en espacios reducidos tales como las cámaras anecoicas, donde los efectos de proximidad son minimizados.

B.2 Antena log-periódica

Una antena log-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 relación de onda estacionaria baja.

Cuando se elige una antena para la generación de campo, debería definirse el simetrizador adecuado para la potencia necesaria.

B.3 Antena de bocina y bocina 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 debería colocarse dentro del haz de radiación de la antena hacia el ESE, y debería ser dispuesto en el mismo lugar y orientación para el ensayo que durante el procedimiento de calibración.

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

Las cámaras anecoicas son menos efectivas a baja frecuencias (por debajo de 30 MHz), mientras que las cámaras de ferritas pueden ser menos efectivas a partir de 1 GHz. Hay que tener cuidado para asegurar la uniformidad de campo a frecuencias más pequeñas y más altas, y puede ser necesario reestructurar la cámara.

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

La mayoría de las cámaras anecoicas existentes que usan ferritas como absorbentes están 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 para ensayos a frecuencias por encima de 1 GHz usando el método descrito en el anexo H.

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 abajo puede ocurrir, por ejemplo, en cámaras anecoicas recubiertas con absorbente de ferrita, o en cámaras anecoicas pequeñas (típicamente 7 m (*l*) × 3 m (*w*) × 3 m (*h*)) 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).

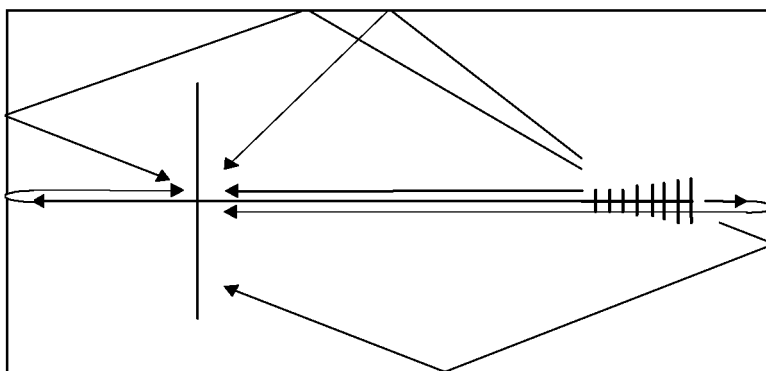


Figura C.1 – Múltiples reflexiones existentes en una cámara anecoica pequeña

En las frecuencias de las bandas de radio teléfonos, 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 sensor de campo o al ESE.

C.2.2 Posible solución

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

- a) Se utiliza antenas de bocina o bocina de doble cresta para reducir el campo 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.
- b) Se acorta 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). Se usa el método de las ventanas independientes de 0,5 m x 0,5 m (anexo H) para asegurar que el ESE es expuesto al campo uniforme.
- c) Se adhiere 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).

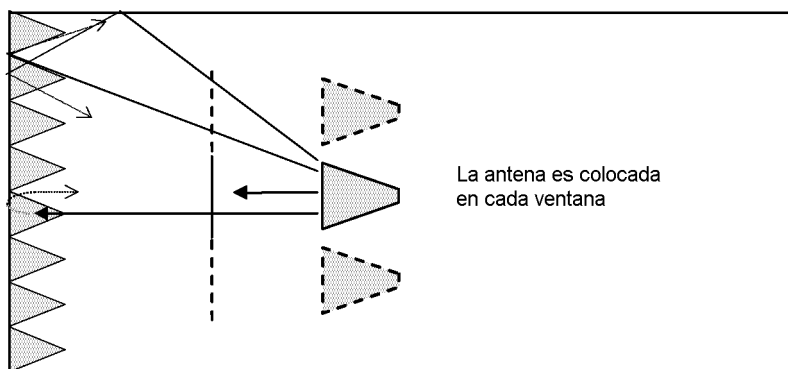


Figura C.2 – La mayoría de las ondas reflejadas son eliminadas

ANEXO D (Informativo)

NO LINEALIDADES DEL AMPLIFICADOR Y EJEMPLO PARA EL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE ACUERDO AL APARTADO 6.2

D.1 Objetivo para limitar la distorsión del amplificador

El objetivo es mantener la no linealidad del amplificador a un nivel suficientemente bajo de tal modo que no sea un factor determinante sobre la incertidumbre del valor de la intensidad de campo. En consecuencia, se facilitará una guía de ayuda a los laboratorios para comprender y limitar los efectos de saturación de los amplificadores.

D.2 Posibles problemas causados por la saturación y los armónicos

La sobrecarga del amplificador puede aparecer en diversos escenarios.

- a) Los armónicos pueden contribuir significativamente al campo electromagnético.
 - 1) Si esto ocurre durante la calibración, se mide incorrectamente la intensidad de campo en la frecuencia seleccionada, dado que la sonda isotrópica de campo medirá el valor de la fundamental y de sus armónicos. Por ejemplo, se considera en el terminal de antena que el tercer armónico está 15 dB por debajo de la frecuencia fundamental y el resto de armónicos son ignorados. Además se considera que el factor de antena es 5 dB menor en la frecuencia del tercer armónico que en la del fundamental. La intensidad de campo de la frecuencia fundamental será solamente 10 dB mayor que la intensidad de campo del tercer armónico. Si se mide una intensidad de campo total de 10 V/m, la frecuencia fundamental contribuirá con 9,5 V/m. Esto es probablemente un error aceptable, al ser menor que la incertidumbre sobre la amplitud de la sonda isotrópica.
 - 2) Si los armónicos están significativamente presentes durante los ensayos, pueden causar fallos en el ESE aunque el ESE sea robusto en la frecuencia fundamental pero no así en un armónico de frecuencia.
- b) Los armónicos pueden también afectar al resultado del ensayo incluso estando bien suprimidos en situaciones especiales. Por ejemplo, si un receptor de 900 MHz es ensayado, aun con armónicos muy débiles de 300 MHz pueden sobrecargar la entrada del receptor. Un escenario similar puede ocurrir también si el generador de señal emite señales no armónicas (espurios).
- c) La saturación puede estar presente sin que se haya medido armónicos. Esto ocurre si el amplificador de potencia dispone de un filtro paso bajo para suprimir los armónicos. Esta situación puede llevar a resultados incorrectos.
 - 1) Si esto ocurre durante la calibración, se pueden deducir datos de calibración erróneos bajo la hipótesis de linealidad usada en el algoritmo descrito en el apartado 6.2.
 - 2) Durante el ensayo, este tipo de saturación llevará a un índice de modulación incorrecto y a armónicos de la frecuencia de modulación (normalmente 1 000 Hz).

A partir de los ejemplos indicados anteriormente, es claro que un límite numérico de la distorsión del amplificador no puede ser especificado, dado que el efecto de la distorsión depende principalmente del tipo de ESE ensayado.

D.3 Opciones para controlar las no linealidades del amplificador

D.3.1 Limitando el contenido de armónicos de campo

El contenido de armónicos de campo puede ser limitado con el uso de un filtro paso bajo sintonizado/de seguimiento/ajustable en la salida del amplificador de potencia.

Para todas las frecuencias donde se producen armónicos en la salida del amplificador, es adecuado un rechazo mayor de 6 dB de estos armónicos respecto del fundamental, con excepción de lo expuesto en el apartado D.2.b).

Esto limitaría el error de la intensidad de campo a un 10%. Por ejemplo, una señal de 10 V/m medida en una amplia banda podría ser causada por un nivel de 9 V/m del fundamental y 4,5 V/m de los armónicos. Esta es una situación aceptable para la incertidumbre de calibración.

Para los amplificadores que dispongan de un filtro paso bajo en la salida, la más alta frecuencia fundamental es alrededor de 1/3 de la máxima frecuencia especificada del amplificador.

D.3.2 Medida del contenido de armónicos de campo

El contenido de armónicos de campo puede ser medido o bien directamente usando una sonda de campo selectiva o indirectamente:

- determinando primero el factor de antena efectivo (la relación entre la potencia de entrada y la intensidad de campo para una cámara dada y una posición de antena) y después la relación entre las potencias directas de la frecuencia fundamental y de los armónicos;
- o con un acoplador y teniendo en cuenta el factor de antena proporcionado por el fabricante de la antena en los armónicos.

Para situaciones en las cuales un filtro paso bajo suprime los armónicos de un amplificador saturado, es preferible no sobrepasar, en ninguna circunstancia (por ejemplo la peor frecuencia, intensidad de campo máxima con modulación), el punto de compresión de 2 dB del amplificador. En el punto de compresión de 2 dB la amplitud de pico (en tensión) podría ser reducida un 20%. Esto causaría una disminución en el índice de modulación del 80% al 64%, en otras palabras, una reducción del 20% de la tensión rectificada en el interior del ESE.

D.4 Ejemplos para los procedimientos de calibración mostrando la equivalencia de ambos métodos

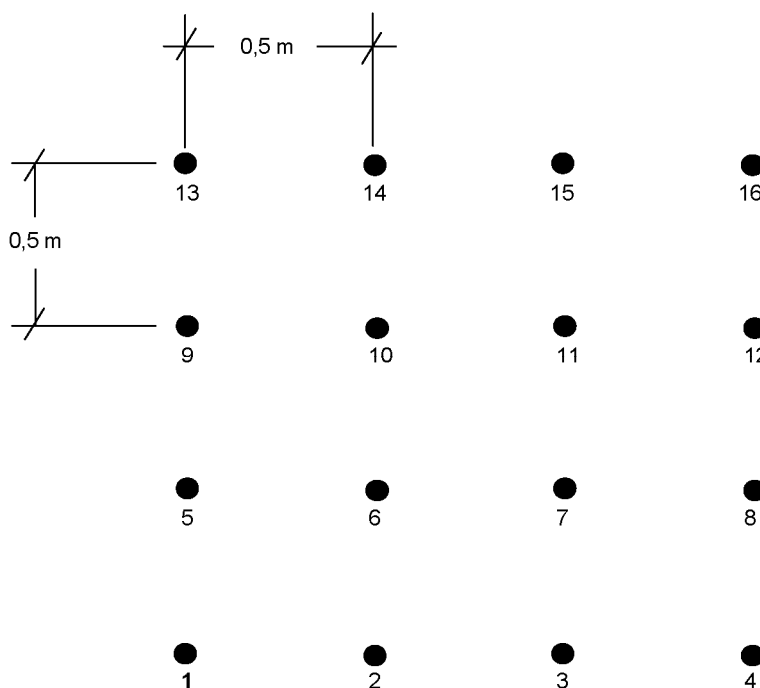


Figura D.1 – Posiciones de medida del área de campo uniforme

La figura D.1 muestra las 16 posiciones donde se mide la uniformidad de campo. La distancia entre cada uno de los 16 puntos es de 0,5 m.

D.4.1 Ejemplo del procedimiento de calibración usando el método de la intensidad de campo constante descrito en el apartado 6.2.1

Para crear una intensidad de campo de $E_c = 6$ V/m (por ejemplo) los valores de potencia directa mostrados en la tabla D.1 han sido medidos a una frecuencia en particular usando la configuración de medida dada en la figura 7.

Tabla D.1 – Valores de potencia directa medida de acuerdo al método de calibración de la intensidad de campo constante

Posición	Potencia directa dBm
1	27
2	22
3	37
4	33
5	31
6	29
7	23
8	27
9	28
10	30
11	30
12	31
13	40
14	30
15	31
16	31

Tabla D.2 Valores de potencia directa ordenados de acuerdo al valor ascendente y evaluación del resultado de medida

Posición	Potencia directa dBm
2	22
7	23
1	27
8	27
9	28
6	29
10	30
11	30
14	30
5	31
12	31
15	31
16	31
4	33
3	37
13	40

NOTA
 Posición 13: $40 - 6 = 34$, solamente cumple en 2 posiciones.
 Posición 3: $37 - 6 = 31$, solamente cumple en 6 posiciones.
 Posición 4: $33 - 6 = 27$, cumple en 12 posiciones.

En este ejemplo los puntos de medida 2, 3, 7 y 13 están fuera del criterio de $\begin{matrix} -0 \\ +6 \end{matrix}$ dB pero por lo menos (en este ejemplo) 12 de los 16 puntos están dentro del criterio. De esta manera en esta frecuencia en particular el criterio se cumple. En este caso, la potencia directa aplicada es de 33 dBm. Esto asegura que para los 12 puntos la intensidad de campo E_c es al menos 6 V/m (posición 4) y en mas de 12 V/m (posiciones 1 y 8).

D.4.2 Ejemplo del procedimiento de calibración usando el método de la potencia constante descrito en el apartado 6.2.2

Se ha elegido el punto número 1 como el primer punto de calibración, de tal forma que se obtenga 6 V/m como intensidad de campo E_c . Con la misma potencia directa, se muestra en la tabla D.3 las intensidades de campo almacenadas a una frecuencia en particular usando la configuración de medida dada en la figura 7.

Tabla D.3 – Valores de potencia directa e intensidad de campo medida de acuerdo al método de calibración de la potencia constante

Posición	Potencia directa dBm	Intensidad de campo V/m	Intensidad de campo dB relativo a la posición 1
1	27	6,0	0
2	27	10,7	5
3	27	1,9	-10
4	27	3,0	-6
5	27	3,8	-4
6	27	4,8	-2
7	27	9,5	4
8	27	6,0	0
9	27	5,3	-1
10	27	4,2	-1
11	27	4,2	-3
12	27	3,8	-4
13	27	1,3	-13
14	27	4,2	-3
15	27	3,8	-4
16	27	3,8	-4

Tabla D.4 Valores de intensidad de campo ordenados de acuerdo al valor ascendente y evaluación del resultado de medida

Posición	Potencia directa dBm	Intensidad de campo V/m	Intensidad de campo dB relativo a la posición 1
13	27	1,3	-13
3	27	1,9	-10
4	27	3,0	-6
5	27	3,8	-4
12	27	3,8	-4
15	27	3,8	-4
16	27	3,8	-4
10	27	4,2	-3
11	27	4,2	-3
14	27	4,2	-3
6	27	4,8	-2
9	27	5,3	-1
1	27	6,0	0
8	27	6,0	0
7	27	9,5	4
2	27	10,7	5

NOTA
 Posición 13: $-13 + 6 = -7$, solamente cumple en 2 posiciones.
 Posición 3: $-10 + 6 = -4$, solamente cumple en 6 posiciones.
 Posición 4: $-6 + 6 = 0$, cumple en 12 posiciones.

En este ejemplo los puntos de medida 13, 3, 7 y 2 están fuera del criterio de $-\frac{0}{+6}$ dB pero por lo menos (en este ejemplo exactamente) 12 de los 16 puntos están dentro del criterio. De esta manera en esta frecuencia en particular el criterio se cumple. En este caso la potencia directa aplicada para obtener una intensidad de campo E_c de 6 V/m es de $27 \text{ dBm} + 20 \log(6 \text{ V/m}/3 \text{ V/m}) = 33 \text{ dBm}$. Esto asegura que en 12 puntos la intensidad de campo E_c es al menos 6 V/m (posición 4) pero un máximo de 12 V/m (posiciones 1 y 8).

ANEXO E (Informativo)**INFORMACIÓN PARA LOS COMITÉS DE PRODUCTOS SOBRE
LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO****E.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 mediaonda. Por lo tanto, el valor del campo generado, para un campo lejano, puede obtenerse directamente por la siguiente fórmula del dipolo:

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

en donde

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

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

P es la potencia (PRA) (W);

d es la distancia desde 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 E.1, por la potencia de la antena. En este caso, para radiotransmisores portátiles puede aplicarse normalmente un valor de k igual a 3.

E.2 Niveles de ensayo relativos a los casos generales

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

Si el ESE va a ser instalado solamente en algunos lugares, una inspección de las fuentes de radiofrecuencia 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 puede utilizar la siguiente información para la selección de los niveles de ensayo que se tienen que aplicar.

Las clases definidas a continuación se refieren a los niveles mencionados en el capítulo 5. Estas clases deben ser consideradas 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. Se trata de un entorno industrial típico.
- *Clase 4:* Transmisores portátiles usados a menos de 1 m del equipo. Otras fuentes de interferencia significativas pueden encontrarse a menos de 1 m del equipo.
- *Clase x:* x es un nivel libre que puede negociarse y especificarse en las normas de producto o en las especificaciones del equipo.

E.3 Niveles de ensayo relativos a la protección contra las emisiones de radiofrecuencia de los radioteléfonos digitales

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

Conviene tomar 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. Se recomienda que el mayor nivel sea considerado 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 E.1 se dan ejemplos de niveles de ensayo, criterios de conformidad 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 E.1 con $k = 7$ y suponiendo que el ensayo se realiza con una modulación de amplitud sinusoidal de 80%.

Tabla E.1 – Ejemplos de niveles de ensayo, distancias de protección asociadas y sugerencias de criterios de conformidad

Nivel de ensayo	Intensidad de campo portadora V/m	Intensidad de campo eficaz máxima V/m	Distancia de protección para			Criterio de conformidad ^a	
			2W GSM m	8W GSM m	¼ W DECT m	Ejemplo 1 ^b	Ejemplo 2 ^c
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 ^d	b	a
4	30	54	~ 0,2 ^d	0,4	~ 0,1 ^d	–	b

^a De acuerdo al capítulo 9.
^b Equipos para los que las consecuencias de un fallo no son importantes.
^c Equipos para los que las consecuencias de un fallo son importantes.
^d En estas distancias y en distancias más cortas, la ecuación de campo lejano E.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 pobre;
- la cobertura en el interior es peor que en el 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 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 E.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 E.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 ± 6 dB;
- la distancia de protección según la ecuación E.1 depende de la potencia radiada aparente del radioteléfono digital y no de su frecuencia de funcionamiento.

E.4 Medidas especiales para transmisores fijos

Los niveles extraídos de la información dada en este anexo son típicamente valores superiores a las localizaciones descritas. En algunas localizaciones estos valores se excederán por ejemplo en instalaciones radar, en la proximidad de transmisores de gran potencia o equipo industrial científico o médico (ICM) localizado en el mismo edificio. En estas circunstancias, puede ser preferible apantallar la sala o el edificio, y filtrar los cables de alimentación y señal, mejor que especificar que todos los equipos sean inmunes a estos niveles.

ANEXO H (Informativo)

SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

Esta norma y la Norma IEC 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 prácticos 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 IEC 61000-4-6 hasta 230 MHz. También es posible aplicar el método descrito en esa parte de la norma por debajo de 26 MHz. El propósito de este Anexo es facilitar 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 repetibilidad de los resultados, basada en el diseño y tipo de ESE.

Debería 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 envolventes que constituyen el ESE.

ANEXO G (Informativo)**DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO****G.1 Radiotéfonos digitales**

Las tablas G.1, G.2 y G.3 indican un listado de parámetros de sistemas de radio relevantes respecto de la compatibilidad electromagnética.

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

- **Acceso múltiple por división de código CDMA (Code Division Multiple Access):** multiplexado donde el transmisor codifica la señal utilizando una secuencia pseudoaleatoria conocida por el receptor que la puede usar para decodificar la señal recibida. Cada secuencia pseudoaleatoria corresponde a un canal de comunicación diferente.
- **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 bajo coste, de utilización mundial.
- **DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications):** sistema de telecomunicación celular sin hilos, de bajo 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.
- **Dúplex por división en frecuencia FDD (Frequency División Duplex):** multiplexado en la que diferentes frecuencias son asignadas para los canales de transmisión y recepción.
- **Acceso múltiple por división en frecuencia FDMA (Frequency Division Multiple Access):** multiplexado en el que bandas de frecuencia separadas son asignadas a cada canal.
- **GSM (Global System for Mobile Communications):** sistema de telecomunicación móvil celular, de utilización mundial.
- **HIPERLAN (High PERFORMANCE Radio Local Area Network):** Red de área local vía radio de alto rendimiento.
- **IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000):** teléfono móvil celular de tercera generación cuya tecnología, de acuerdo al tamaño y velocidad de transmisión, permite a los usuarios recibir imágenes de video en color de alta calidad.
- **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.

- **RFID (Radio Frequency Identification)**; sistemas de radio identificación incluyendo identificación de artículos automático, seguimiento de bienes, sistemas de alarma, identificación personal, control de acceso, sensores de proximidad.
- **RTTT (Road Traffic & Transport Telematics)**: incluidos sistemas de peaje en carretera.
- **Acceso Múltiple por División en el Tiempo TDMA (Time Division Multiple Access)**: véase el capítulo 4.
- **Dúplex por división en el tiempo TDD (Time Division Duplex)**: multiplexado en el que se asignan diferentes tramos de tiempos a los canales de transmisión y de recepción.

Tabla G.1 – Unidad móvil y portátiles

Parámetros	Nombre del sistema									
	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC	IMT-2000 TDD	IMT-2000 FDD	
Rango de 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	1 900 MHz a 1 920 MHz	1 920 MHz a 1 980 MHz	
Técnica de acceso	TDMA	TDMA	TDMA/TDD	FDMA/TDD	TDMA	TDMA/TDD	TDMA	CDMA/TDMA	CDMA/FDMA	
Frecuencia de repetición de la ráfaga	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz	NA	NA	
Ciclo de trabajo	1:8	1:8	1:24 (también 1:48 y 1:12)	1:12	1:3	1:8	1:3	Continuo	Continuo	
PRA máxima	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	0,25 W	0,25 W	
Modulación secundaria	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multi-trama)	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multi-trama)	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	
Área geográfica	Mundial	Mundial	Europa	Europa	Japón	Japón	USA	Europa	Europa	

NOTA CT-3 es considerado para ser cubierto por DECT.

Tabla G.2 – Estaciones base

Parámetros	Nombre del sistema									
	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC	IMT-2000 TDD	IMT-2000 FDD	
Rango de 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	1 900 MHz a 1 920 MHz	2 110 MHz a 2 170 MHz	
Técnica de acceso	TDMA	TDMA	TDMA/ TDD	FDMA/ TDD	TDMA	TDMA/ TDD	TDMA	CDMA/ TDMA TDD	CDMA/ FDMA FDD	
Frecuencia de repetición de la ráfaga	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz	NA	NA	
Ciclo de trabajo	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	Continuo	Continuo	
PRA máxima	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 (multi-trama)	2 Hz (DTX) y 0,16 Hz a 8,3 Hz (multi-trama)	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	
Área geográfica	Mundial	Mundial	Europa	Europa	Japón	Japón	USA	Europa	Europa	

NOTA CT-3 es considerado para ser cubierto por DECT

Tabla G.3 – Otros dispositivos de radiofrecuencia

Parámetros	Nombre del sistema					
	RFID	RTTT	Sistemas de transmisión de datos en banda ancha e HIPERLAN	Sistemas de transmisión de datos en banda ancha e HIPERLAN	Sistemas de transmisión de datos en banda ancha e HIPERLAN	Dispositivos de corto alcance no específicos
Frecuencia del transmisor en MHz	2 446 – 2 454	5 795 – 5 815	2 400 – 2 483,5	5 150 – 5 350	5 470 – 5 725	2 400 – 2 483,5 5 725 – 5 875
Tipo de modulación	FHSS si más que 500 mW	Nada	FHSS	Nada	Nada	Nada
Máxima PRA	a) 500 mW b) 4 W	2 W o 8 W	100 mW y limitada la densidad espectral de potencia	200 mW media	1 W media	10 mW 25 mW
Ciclo de trabajo	a) hasta 100% b) <15% con periodo de 200 ms	No hay restricciones	No hay restricciones	No hay restricciones	No hay restricciones	No hay restricciones
Espaciamiento de canal	Nada	5 MHz o 10 MHz en algún rango de frecuencia	Nada	Nada	Nada	Nada
Área geográfica	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial

ANEXO H (Normativo)

MÉTODO ALTERNATIVO DE ILUMINACIÓN PARA FRECUENCIAS POR ENCIMA DE 1 GHz (“MÉTODO DE LAS VENTANAS INDEPENDIENTES”)

H.1 Introducción

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 $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$.

El método alternativo para frecuencias por encima de 1 GHz divide el área de calibración en varias superficies con ventanas de $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ de tal manera que la superficie total ocupada por la cara del ESE esté cubierta (véase la figuras H.1a y H.1b). La uniformidad de campo debe ser independientemente verificada sobre cada ventana (véase la figura H.2), usando el procedimiento dado a continuación. La antena generadora de campo se debe colocar 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.

H.2 Campo de calibración

Se deben realizar los siguientes pasos en cada ventana:

- a) se coloca la sonda de campo en uno de las cuatro esquinas de la ventana;
- b) se aplica una 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 se almacena ambas lecturas (potencia e intensidad de campo);
- c) con la misma potencia incidente, se mide y se almacena 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) se toma como referencia el menor de los cuatro valores de intensidades de campo (esto asegura la exigencia de -0_{+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 serán necesarios 8,9 W para conseguir 3 V/m). Éste cálculo debe ser almacenado;
- f) se repite 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 ser tomados en consideración.

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

Durante el ensayo, se debe aplicar en cada frecuencia la potencia directa establecida en el paso (e) a la antena de generación de campo. El ensayo se debe repetir colocando la antena de generación de campo sucesivamente para iluminar cada una de las ventanas necesarias (véase las figuras (H.1 y H.2)).

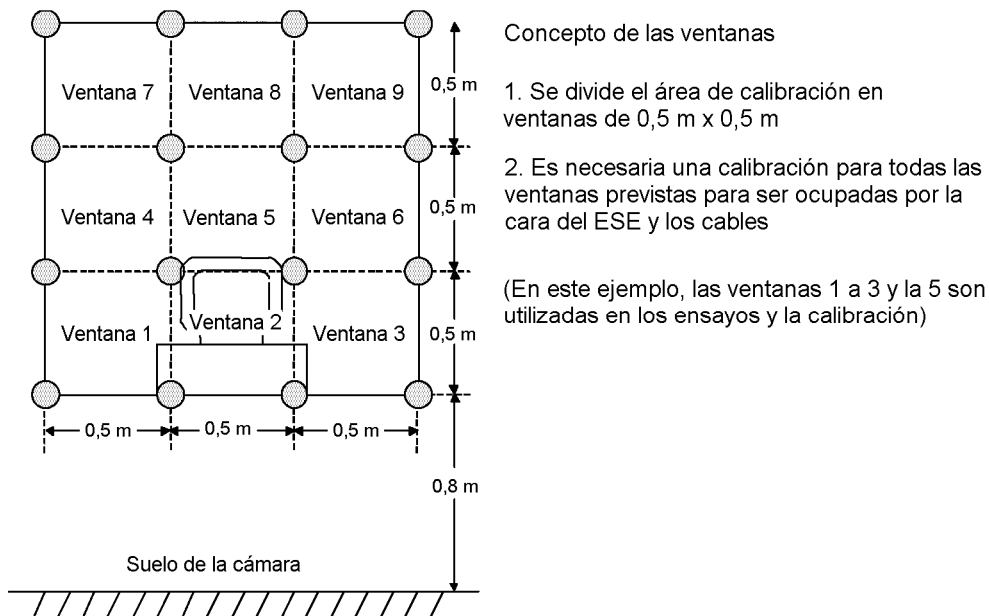


Figura H.1a – Ejemplo de división para equipos de sobremesa

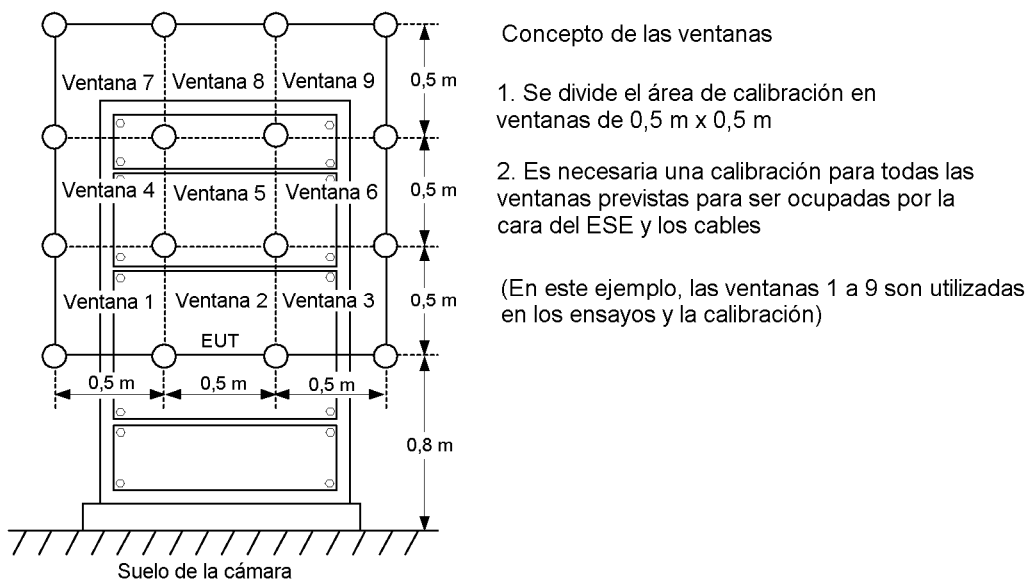


Figura H.1b – Ejemplo de división para equipos de sobremesa

Figura H.1 – Ejemplo de división del área de calibración en ventanas de 0,5 m x 0,5 m

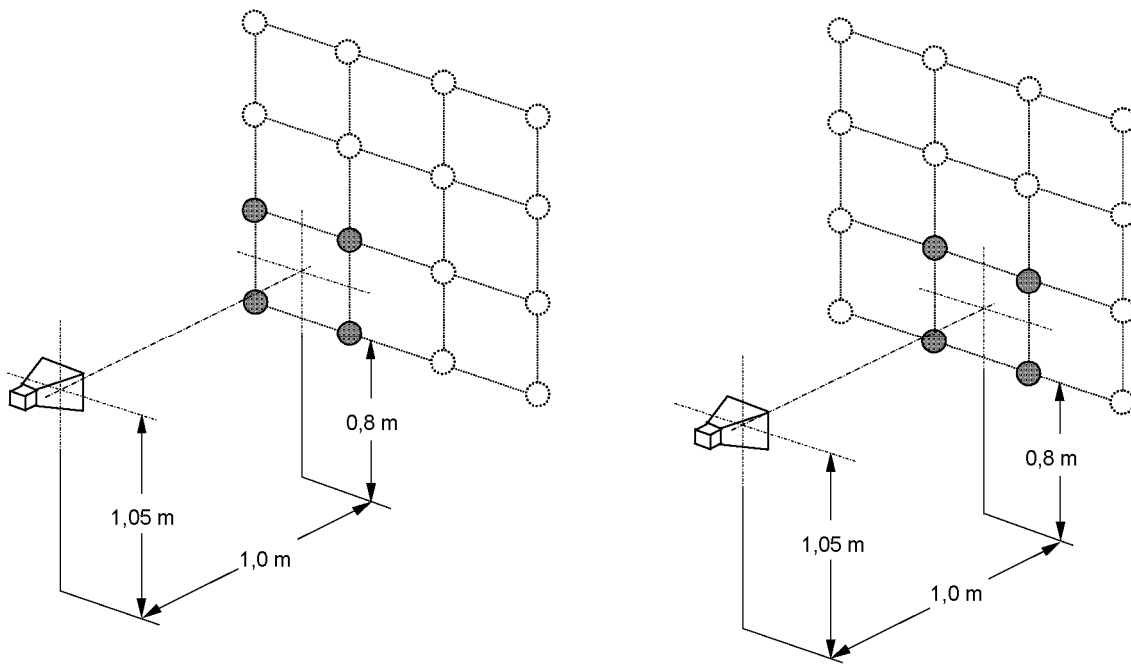


Figura H.2 – Ejemplo de iluminación de ventanas sucesivas

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

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

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

Norma Internacional	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente¹⁾
IEC 60050-161	²⁾	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.	–	–	UNE 21302-161
IEC 61000-4-6	²⁾	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-6: Técnicas de ensayo y de medida. Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia.	–	–	UNE-EN 61000-4-6

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

2) Referencia sin fecha.

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