

Octubre 2002

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 5-7: Guías de instalación y atenuación**

**Grados de protección proporcionados por las envolventes  
contra las perturbaciones electromagnéticas (Código EM)**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 5-7: Installation and mitigation guidelines. Degrees of protection by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code).*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 5-7: Guide d'installation et d'atténuation. Degrés de protection procurés par les enveloppes contre les perturbations électromagnétiques (Code EM).*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-5-7 de abril de 2001, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-5-7:2001.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

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



ICS 33.100.01

Versión en español

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 5-7: Guías de instalación y atenuación**  
**Grados de protección proporcionados por las envolventes contra las perturbaciones**  
**electromagnéticas (Código EM)**  
(CEI 61000-5-7:2001)

**Electromagnetic compatibility (EMC).**  
**Part 5-7: Installation and mitigation**  
**guidelines. Degrees of protection by**  
**enclosures against electromagnetic**  
**disturbances (EM code).**  
(IEC 61000-5-7:2001).

**Compatibilité électromagnétique (CEM).**  
**Partie 5-7: Guide d'installation et**  
**d'atténuation. Degrés de protection**  
**procurés par les enveloppes contre les**  
**perturbations électromagnétiques**  
**(Code EM).**  
(CEI 61000-5-7:2001).

**Elektromagnetische Verträglichkeit**  
**(EMV). Teil 5-7: Installationsrichtlinien**  
**und Abhilfemaßnahmen. Schutzarten**  
**durch Gehäuse gegen elektromagnetische**  
**Störgrößen (EM-Code).**  
(IEC 61000-5-7:2001).

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2001-01-01. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

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

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

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

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

© 2001 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

### ANTECEDENTES

El texto del documento 77C/96/FDIS, futura edición 1 de la Norma Internacional CEI 61000-5-7, preparada por el SC 77C, *Fenómenos transitorios de gran intensidad*, del TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de CEI fue sometido a voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-5-7 el 2001-01-01

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la norma europea debe ser adoptada a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 2001-11-01
- Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes (dow) 2004-01-01

Los anexos denominados “normativos” forman parte del cuerpo de la norma

Los anexos denominados “informativos” se dan sólo para información.

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

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC

### DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 61000-5-7:2001 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

En la versión oficial, añadir en la Bibliografía, las notas siguientes para las normas indicadas\*:

CEI 60297-1 NOTA: Armonizada como Documento de Armonización HD 493.1 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-2 NOTA: Armonizada como Documento de Armonización HD 493.2 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-3 NOTA: Armonizada como Documento de Armonización HD 493.3 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-4 NOTA: Armonizada como Norma EN 60297-4:1995 (sin modificar).

CEI 60917-1 NOTA: Armonizada como Norma EN 60917-1:1998 (sin modificar).

\* Introducidos en la norma indicándose con una línea vertical en el margen izquierdo del texto.

ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulos</b>	
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA.....</b>	<b>8</b>
<b>3 GENERALIDADES.....</b>	<b>9</b>
<b>4 DEFINICIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>5 DESIGNACIONES DE LAS PRESTACIONES DEL BLINDAJE.....</b>	<b>12</b>
<b>6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE ENSAYO .....</b>	<b>13</b>
<b>7 REQUISITOS DEL ENSAYO .....</b>	<b>14</b>
7.1 Condiciones climáticas.....	14
7.2 Muestras de ensayo .....	15
7.3 Requisitos de análisis .....	15
7.4 Selección de la frecuencia de ensayo.....	15
7.5 Definición de la matriz de ensayo .....	16
7.6 Requisitos para el equipamiento del ensayo .....	16
7.7 Requisitos de seguridad .....	16
7.8 Requisitos para el plan de ensayo .....	17
7.9 Características de los ensayos .....	18
7.10 Conclusión de los ensayos .....	24
7.11 Documentación del ensayo .....	24
<b>8 CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO A (Informativo) PUNTOS A OBSERVAR PARA LA SELECCIÓN DE LOS REQUISITOS DE PROTECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS ENVOLVENTES .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO B (Informativo) RESUMEN DE LAS RESPONSABILIDADES DE LOS COMITÉS DE ESTUDIOS DE PRODUCTO FINAL COMPETENTES.....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO C (Informativo) OTROS MÉTODOS DE ENSAYO. CELDAS TEM Y GUÍAS DE BANDAS PLANAS .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO D (Informativo) ANTENAS .....</b>	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>29</b>

<b>Figura 1</b> Montaje del ensayo de eficacia del blindaje para la gama de bajas frecuencias – fibras ópticas.....	<b>20</b>
<b>Figura 2</b> Montaje del ensayo de eficacia del blindaje para la gama de bajas frecuencias – cableado (las polarizaciones múltiples deben utilizarse como en la figura 1) .....	<b>21</b>
<b>Figura 3</b> Ejemplo de montaje del ensayo de calibración para ensayos en la gama de bajas frecuencias .....	<b>22</b>
<b>Figura 4</b> Ejemplo de configuración de la medida de calibración para ensayos en baja frecuencia .....	<b>23</b>
<b>Tabla 1</b> – Designaciones de códigos de blindaje EM.....	<b>12</b>
<b>Tabla 2</b> – Requisitos para un equipamiento tipo para ensayos destinados a evaluar la eficacia del blindaje de una envolvente .....	<b>17</b>

## INTRODUCCIÓN

Esta norma forma parte de la serie CEI 61000 cuya estructura es la siguiente:

### Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)

Definiciones, terminología

### Parte 2: Entorno

Descripción del entorno

Clasificación del entorno

Niveles de compatibilidad

### Parte 3: Límites

Límites de emisión

Límites de inmunidad (en la medida en que estos límites no están bajo la responsabilidad de los comités de producto)

### Parte 4: Técnicas de ensayo y medida

Técnicas de medida

Técnicas de ensayo

### Parte 5: Guías de instalación y atenuación

Guías de instalación

Métodos y dispositivos de atenuación

### Parte 6: Normas genéricas

### Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez subdividida en varias secciones, publicadas bien como normas internacionales, bien como especificaciones técnicas o informes técnicos, algunas ya han sido publicadas como secciones. Otras se publican con el número de la parte, seguido de un guión y de un segundo número que identifique la subdivisión (ejemplo: 61000-6-1).

Esta parte de la Norma CEI 61000 define un código de marcado de las características de blindaje electromagnético así como los requisitos y procedimientos aplicables a los ensayos destinados a verificar las prestaciones del blindaje de las envolventes vacías de equipos eléctricos y electrónicos.

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 5-7: Guías de instalación y atenuación**  
**Grados de protección proporcionados por las envolventes contra las perturbaciones electromagnéticas (Código EM)**

## **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta parte de la Norma CEI 61000 especifica los requisitos, métodos de ensayo y procedimientos de clasificación aplicables a los grados de protección contra las perturbaciones electromagnéticas proporcionadas por las envolventes vacías, para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 40 GHz. Las características del blindaje se miden antes de la instalación de los equipos y componentes eléctricos y/o electrónicos internos. Esta protección del blindaje se mide para demostrar que la envolvente comporta un blindaje adecuado a prueba de la energía electromagnética para asegurar un funcionamiento aceptable de las unidades montadas completas cuando se someten a ensayo según las normas CEI aplicables. Se debería observar, sin embargo, que un comportamiento satisfactorio de una envolvente vacía no implica la seguridad de que las unidades completas pasen la revisión con éxito de todas las normas de ensayos de comportamiento de CEM para el equipo en funcionamiento (véanse las observaciones del anexo A).

Esta norma tiene por objeto indicar un medio reproducible para la evaluación de los resultados del blindaje electromagnético de las envolventes mecánicas vacías incluidas las celdas y armazones y para especificar un código de marcado para permitir a un fabricante elegir una envolvente con una capacidad conocida de atenuación a los campos electromagnéticos. Los requisitos de inmunidad para diferentes tipos de perturbaciones electromagnéticas incluidos los rayos e impulsos electromagnéticos nucleares de gran altitud (IEMN-GA) serán examinados por los fabricantes cuando determinen la necesidad de aplicar esta norma para equipos y aplicaciones específicas y para los requisitos de las envolventes con blindaje específicas necesarias en función de la frecuencia.

La adopción del sistema de clasificación de esta norma permitirá, en lo posible, promover la uniformidad de los métodos sobre la descripción de la protección contra las tensiones electromagnéticas suministradas por la envolvente. Se incluye la protección del equipo, dentro de la envolvente, contra las tensiones electromagnéticas externas así como la protección del equipo externo contra las tensiones electromagnéticas producidas en el interior.

Los comités técnicos responsables de las envolventes pueden decidir individualmente en qué medida y de qué manera se utiliza en sus normas la clasificación definida en esta norma y de definir el término “envolvente” y la manera en que se aplica a su equipo. No obstante, los ensayos y las categorías de las prestaciones no pueden ser diferentes de los que se especifican en esta norma. El anexo B da una guía informativa sobre las precisiones a especificar en las normas de producto relativas a las envolventes que se aplican.

## **2 NORMAS PARA CONSULTA**

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación las ediciones indicadas estaban en vigor. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Los miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

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

CEI 60050(826) – *Vocabulario Electrotécnico Internacional. Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios.*

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

CEI 60529 – *Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).*



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

CEI 61000-4-23 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-23: Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de ensayo para los dispositivos de protección para perturbaciones IEMN-GA y otras perturbaciones radiadas.*

### 3 GENERALIDADES

Otras normas CEI definen los requisitos para la fabricación y los ensayos de inmunidad de equipos eléctricos y electrónicos que deben soportar las tensiones debidas a las perturbaciones electromagnéticas, incluidos los transitorios eléctricos rápidos y las descargas electrostáticas. Además, existen requisitos similares para los ensayos de verificación de la inmunidad a los impulsos electromagnéticos de gran altitud (IEMN-GA). Existen también otras normas para las envolventes, que corresponden a otros efectos, principalmente la Norma CEI 60529.

Sin embargo, los fabricantes de estos equipos eléctricos y electrónicos tienen la finalidad de fabricar o de procurarse envolventes para estos equipos antes de proceder a los ensayos de inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas previstos en el párrafo precedente. Con su experiencia, el fabricante será capaz de determinar los niveles específicos de la eficacia del blindaje electromagnético suficientes para permitir que sus productos finales pasen con éxito los ensayos de inmunidad y de emisión de CEM requeridos.

La eficacia del blindaje (SE) es un término amplio que describe la capacidad de un blindaje EM para reducir o atenuar los campos electromagnéticos externos (o producidos en el interior) y las corrientes de superficie externas (o internas) antes de alcanzar el interior (el exterior) del blindaje. Normalmente, el blindaje envuelve equipos electrónicos sensibles que es preciso proteger de las perturbaciones electromagnéticas exteriores. Sin embargo, los blindajes se utilizan igualmente para reducir los campos electromagnéticos producidos por el equipo situado en el interior e impedir que se propaguen al exterior del blindaje. La protección EM se suministra para una topología completa que comprende no sólo una envoltura metálica que envuelve el volumen blindado sino también los tratamientos apropiados para las penetraciones eléctricas (alimentación eléctrica, comunicación, antena, señal, alarmas, etc.) y mecánicas (puertas, válvulas, tuberías, etc.) requeridas. Los ensayos correspondientes a dispositivos terminales de protección no lineales para las penetraciones eléctricas no forman parte del objeto y campo de aplicación de esta norma y se tratan en otras normas CEI. Los fabricantes de equipamiento deberían coordinar la protección proporcionada por los blindajes electromagnéticos y los dispositivos de protección de líneas de entrada tales como filtros y elementos no lineales, para proporcionar niveles de protección comparables contra los campos electromagnéticos radiados y contra los transitorios conducidos.

La eficacia del blindaje de la envolvente se define como la relación de la potencia recibida con y sin sistema de blindaje insertado entre una antena de recepción y una antena de emisión. La eficacia del blindaje en un punto dado necesita de un barrido de calibración (sin pantalla de protección) y un barrido de medición (con pantalla de protección) y se obtiene por la relación de las potencias (diferencia en dB) entre estos dos resultados separados. Suponiendo que se detecta la tensión de la antena captadora, se tiene:

$$SE = \frac{V_c}{V_m} \quad (1a)$$

$$SE(\text{dB}) = 20 \log_{10} \frac{V_c}{V_m} = 10 \log_{10} \frac{P_c}{P_m} \quad (1b)$$

donde

$V_m$  es la señal medida, con pantalla de protección;

$V_c$  es la señal de calibración en las mismas condiciones de potencia, frecuencia, polarización y separación de antena sin la pantalla de protección;

$P_c$  y  $P_m$  son las potencias que corresponden a  $V_c$  y  $V_m$  en las entradas de 50  $\Omega$  del analizador de red.

Además, para cada resultado de la eficacia del blindaje, es preciso dar una gama de mediciones (MR) que cuantifique el valor del ruido de fondo para las mediciones. La gama de mediciones define la máxima eficacia del blindaje que puede medirse con precisión. Para las envolventes vacías de equipos, la gama de mediciones se obtiene de la misma manera que la eficacia del blindaje a partir del mismo barrido de calibración y de un barrido de ruido complementario, que es una medición con la energía externa radiada por el equipo de diagnóstico de eficacia del blindaje pero con el cable hacia la antena de recepción terminando sobre  $50 \Omega$  (en el mismo emplazamiento que la antena), permaneciendo constantes todas las demás condiciones. Los resultados de la eficacia del blindaje de la pantalla se obtienen combinando los datos de la manera descrita en el capítulo 7.

Se ha comprobado que en muchos casos, una envolvente presentará una eficacia del blindaje superior después de la instalación de los componentes y los módulos con relación a su eficacia en vacío. En otros casos, una envolvente presentará una baja eficacia de blindaje después de la instalación de entradas complementarias. Los fabricantes deberían examinar estos impactos potenciales para cada aplicación particular.

#### 4 DEFINICIONES

Para los fines de esta parte de la Norma CEI 61000, se aplican las definiciones siguientes:

**4.1 decibelio (dB):** Décima del belio, el número de decibelios indica la relación de dos potencias y es igual a 10 veces el logaritmo decimal de la relación entre ambas, designando a  $P_1$  y  $P_2$  las dos potencias y  $n$  el número de decibelios que corresponden a su relación,

$$n = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ (dB)} \quad (2)$$

Cuando las condiciones son tales que las relaciones de las corrientes o de las tensiones (o magnitudes análogas en otros campos) son las raíces cuadradas de las relaciones de las potencias correspondientes, el número de decibelios equivalente a la diferencia entre las potencias correspondientes se expresa por las relaciones siguientes:

$$n = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \text{ (dB)} \quad (3)$$

$$n = 20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2} \text{ (dB)} \quad (4)$$

donde  $I_1/I_2$  y  $V_1/V_2$  representan respectivamente las relaciones de corrientes y de tensiones dadas. Por extensión, estas relaciones entre el número de decibelios y las relaciones de corrientes y de tensiones se aplican a veces cuando estas relaciones no son las raíces cuadradas de las relaciones de las potencias correspondientes; para evitar cualquier confusión, tal utilización debe acompañarse de una indicación específica de esta aplicación.

**4.2 grado de protección:** Importancia de la protección proporcionada por una envolvente vacía contra el paso de la energía electromagnética del exterior hacia el interior o del interior hacia el exterior

**4.3 compatibilidad electromagnética (CEM):** Capacidad de un equipo o de un sistema para funcionar en su ambiente electromagnético de forma satisfactoria y sin que produzca perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentra en este ambiente

[VEI 161-01-07]

**4.4 perturbación electromagnética:** Fenómeno electromagnético que puede degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema.

[VEI 161-01-05, modificada]

**4.5 interferencia electromagnética:** Degradación del funcionamiento de un equipo, de un canal de transmisión o de un sistema debido a una perturbación electromagnética

[VEI 161-01-06 modificada]

**4.6 código EM:** Sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por una envolvente contra el paso de la energía electromagnética.

**4.7 envolvente:** Elemento que asegura la protección de los equipos contra ciertas influencias externas y, en cualquier dirección, la protección contra contactos directos.

[VEI 826-03-12]

NOTA – Esta definición necesita la explicación siguiente en el campo de aplicación de esta norma. La envolvente puede igualmente proporcionar una protección al equipo externo contra las perturbaciones electromagnéticas producidas en el interior.

**4.8 ESE:** Equipo sometido a ensayo

**4.9 nivel de inmunidad:** Nivel máximo de una perturbación electromagnética en forma dada que incide en un dispositivo, equipo o sistema particular, para el que éste permanece capaz de funcionar con la calidad deseada

[VEI 161-03-14]

**4.10 código IP:** Sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas, penetración de cuerpos sólidos extraños, penetración de agua, y para dar una información adicional referida a esa protección (véase la Norma CEI 60529)

**4.11 acceso:** Interfaz especial del ESE con el entorno electromagnético incidente

**4.12 punto de entrada (PdE); acceso de entrada:** Emplazamiento físico (punto o acceso), en la pantalla electromagnética, por la que la energía electromagnética puede entrar en un volumen topológico, o salir, salvo en presencia de un dispositivo de protección adecuado del PdE. Un PdE es más que un simple punto geométrico. Los PdE están clasificados en PdE de apertura o PdE conductores, en función del tipo de entrada. Se clasifican igualmente en PdE arquitecturales, mecánicos, estructurales o eléctricos según las funciones que aseguren.

**4.13 eficacia del blindaje (SE):** Aptitud de una envolvente para atenuar una señal electromagnética cuando entra ó sale de la envolvente, cuantificada como la relación de una señal recibida (de un emisor) sin el blindaje, a la señal recibida con el blindaje en su sitio. La SE se expresa normalmente en decibelios. La eficacia del blindaje es sensible a la frecuencia y puede presentar modificaciones importantes en función de la geometría de la envolvente.

**4.14 guía de ondas por debajo de la frecuencia de corte (WBC):** Guía de ondas destinada en primer lugar a atenuar las ondas electromagnéticas a frecuencias por debajo de la frecuencia de corte (en vez de propagar ondas a frecuencias superiores a la de corte). La frecuencia de corte se determina por las dimensiones y la geometría de la guía de ondas y las propiedades del equipo dieléctrico en la estructura de la guía de ondas.

Para una sección dada, la eficacia del blindaje proporcionada por una guía de ondas se determina por la fórmula siguiente:

$$SE \text{ (dB)} = 54,6 \left( \frac{1}{\lambda_c^2} - \frac{1}{\lambda^2} \right)^{\frac{1}{2}} L \quad (5)$$

donde

$\lambda_c$  es la longitud de onda de la frecuencia de corte, en metros;

$\lambda_c$  es igual a  $1,7 d$  ( $d$ : diámetro de una guía de ondas circular, en metros);

$\lambda_c$  es igual a  $2 \alpha$  ( $\alpha$ : lado más grande, en metros, de una guía de ondas rectangular);

$\lambda$  es la longitud de ondas, en metros, de la frecuencia considerada,  $\lambda > \lambda_c$ ;

$L$  es la longitud de la guía de ondas, en metros.

NOTA – Una WBC está constituida normalmente por un tubo conductor montado a través de un agujero en una pared conductora de una envolvente, con el eje del tubo perpendicular al plano de la pared y el tubo fijado a modo de circunferencia sobre la pared alrededor del diámetro exterior del tubo. No se permite el paso de los conductores por la WBC.

## 5 DESIGNACIONES DE LAS PRESTACIONES DEL BLINDAJE

Las prestaciones mínimas del blindaje de las envolventes, medidas de acuerdo con los procedimientos del capítulo 6 de esta norma, se designarán utilizando el código de blindaje siguiente. El código de blindaje tiene el formato

EMABCDEF

Las designaciones del blindaje *A* a *F* definen las prestaciones del blindaje probado en cada gama de frecuencias de la tabla 1. La prestación del blindaje indicada por la designación es el valor mínimo suministrado por la envolvente para la gama de frecuencias indicada.

**Tabla 1**  
**Designaciones de códigos de blindaje EM**

Banda de frecuencia	Designación del blindaje	Prestación del blindaje dB	Valor de designación del blindaje
10 kHz – 100 kHz	<i>A</i>	Sin ensayar	x
100 kHz – 1 MHz	<i>B</i>	< 10	0
1 MHz – 30 MHz	<i>C</i>	≥ 10	1
30 MHz – 1 GHz	<i>D</i>	≥ 20	2
1 GHz – 10 GHz	<i>E</i>	≥ 30	3
10 GHz – 40 GHz	<i>F</i>	≥ 40	4
		≥ 50	5
		≥ 60	6
		≥ 70	7
		≥ 80	8
		≥ 100	9

Por ejemplo, una envolvente con una eficacia del blindaje probada de al menos 40 dB en la gama de frecuencias de 1 MHz a 10 GHz, pero que no ha sido sometida a ensayos a otras frecuencias se designará como sigue:

EMxx444x

Si una envolvente tiene una eficacia del blindaje probada de 60 dB en la gama de frecuencias de 10 kHz a 30 MHz y una eficacia del blindaje de 40 dB para la gama de frecuencias de 30 MHz a 10 GHz, se especificaría como sigue:

EM66644x

Cuando una envolvente tiene diferentes grados de protección para diferentes montajes previstos, los niveles mínimos de protección medidos se deben indicar utilizando el código EM, y los grados de protección apropiados se deben indicar por el fabricante de la envolvente en las instrucciones anexas a los montajes respectivos.

Si existe un número limitado de frecuencias en una gama para las que el blindaje de la envolvente sobrepasa un requisito dado, según el capítulo 6, y si la envolvente se debe marcar con un valor que no incluye estas excepciones, al Código EM se debe seguir la letra "T". Para el último ejemplo dado a continuación, el Código EM sería:

EM66644xT

La envolvente debe clasificarse de acuerdo con las instrucciones dadas en el capítulo 8.

## 6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo para la determinación del marcado correcto del código EM pasa por la iluminación de la envolvente con una señal electromagnética incidente y la medición de la señal en el interior de la envolvente. También deberán efectuarse otras dos mediciones:

- calibración – el mismo montaje de ensayo que para la medición del blindaje, pero después de retirada de la envolvente, permaneciendo constantes las demás condiciones.
- medición del ruido – las mismas condiciones que para la medición de calibración, pero con la antena de recepción sustituida por una terminación blindada para caracterizar el ruido de fondo (o gama de medidas) para el ensayo, que incluye los efectos del blindaje electromagnético del sistema de medición. Esta medición determina el ruido debido a la fuente de la señal, en el entorno de ensayo y en el sistema de medición.

Los ensayos se efectúan utilizando este procedimiento para la gama de frecuencias para la que se exige la determinación de la eficacia del blindaje de la envolvente. Los métodos a utilizar varían en función de la frecuencia para la utilización de los procedimientos prácticos en cada gama de frecuencias.

Las tres gamas de frecuencias implicadas son:

- gama de bajas frecuencias                    10 kHz a 30 MHz;
- gama de medias frecuencias                30 MHz a 1 GHz;
- gama de altas frecuencias                   1 GHz a 40 GHz.

Para la gama de bajas frecuencias, se utilizan antenas de cuadro, mientras que para la gama de medias frecuencias se utilizan antenas unipolares o dipolos. Los campos magnético y eléctrico, respectivamente, se miden en estas dos gamas. Se utilizan antenas de cuernos para la gama de altas frecuencias y se mide la potencia recibida debida al campo electromagnético.

Para las frecuencias múltiples se requieren mediciones en cada una de estas gamas a las que las envolventes se deben someter a ensayos. También se requieren mediciones para las diferentes polarizaciones de la antena de transmisión y de recepción.

La determinación de la eficacia del blindaje de la envolvente que utiliza técnicas de ensayo escalonadas/barridas CW requiere dos mediciones separadas con los montajes de los equipos idénticos a los que se describen en el apartado 7.9. Una se realiza con la antena de recepción dentro de la envolvente sometida a ensayo (barrido de “medición de campo”), mientras que la otra se realiza después de la retirada de la envolvente del recinto del ensayo (barrido de “calibrado”), con las antenas en la misma orientación, y en el mismo espacio que durante el barrido de medición. La eficacia del blindaje es la relación o la diferencia en dB de estos dos barridos tal como se define en el capítulo 3. Cuando las mediciones se realizan como en el apartado 7.9, la eficacia del blindaje se calcula fácilmente como la diferencia de estos dos barridos:

$$SE \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_m \text{ (dBW)} \quad (6)$$

Además de la eficacia del blindaje, también se deben tomar los datos que muestran la gama de mediciones (MR) o el ruido de fondo. La gama de mediciones se calcula a partir de una medición de ruido y de un barrido de calibración, sustituyendo esencialmente el ruido por la medición. El procedimiento para medir las trazas del ruido se describe en el apartado 7.9.2.3. Combinando los datos de la calibración nominal y el nivel de ruido, se determina la gama de mediciones.

Así, la gama de mediciones del ensayo de eficacia del blindaje de la pantalla se da por:

$$MR \text{ (dB)} = P_c \text{ (dBW)} - P_{\text{ruido}} \text{ (dBW)} \quad (7)$$

La gama de mediciones representa el valor máximo de la eficacia del blindaje para cada punto de frecuencia que pueda ser medido. Antes de medir la eficacia del blindaje, debe determinarse la gama de mediciones (MR) o el ruido de fondo del sistema de medición. Este valor se calcula como la diferencia entre la potencia  $P_c$  que corresponde a un barrido de calibración y  $P_{\text{ruido}}$  que corresponde a un barrido con un terminal de  $50 \Omega$  sustituido por la antena receptora y que representa el ruido del sistema de medición. El nivel de ruido registrado se determina no solamente por las características y los ajustes de los analizadores (como el ancho de banda de resolución), sino también por las fuentes electromagnéticas ambientales en la zona de ensayo e incluso por el equipo de diagnóstico mismo. En esta situación, los valores del nivel de ruido registrados representan el valor máximo de eficacia del blindaje que puede deducirse del ensayo y deben utilizarse para la eficacia del blindaje.

Para las mediciones de este tipo, puede haber a veces variaciones rápidas de las respuestas medidas con la frecuencia. Es la razón por la que se escoge puntos múltiples en cada gama de frecuencias de ensayo. Sin embargo, si se esperan perturbaciones electromagnéticas transitorias que presentan características relativamente semejantes a las perturbaciones de banda ancha (impulsos), se limita a menudo el impacto de una eficacia del blindaje deficiente sobre una gama de frecuencias estrecha. Para los casos en los que la eficacia del blindaje medida no está en conformidad con los requisitos deseados, en que difiere en menos de 10 dB para una sola gama de frecuencias con una anchura inferior al cinco por ciento (de la frecuencia central de esta gama de frecuencias única, en una de las gamas de baja, media o alta frecuencia, del capítulo 6), se puede determinar que se cumplen los requisitos de esta norma. Si se aplica este procedimiento, los datos utilizados se deben documentar conforme al apartado 7.11 y se debe añadir la letra “T” al código EM.

NOTA – La Norma CEI 61000-4-23 define los métodos apropiados para mediciones *in situ* y para envolventes blindadas de grandes dimensiones.

## 7 REQUISITOS DEL ENSAYO

### 7.1 Condiciones climáticas

A menos que se especifique lo contrario por el comité responsable de una norma genérica o de una norma de producto, las condiciones climáticas en el laboratorio deben estar dentro de los límites especificados para el funcionamiento del ESE y del equipamiento del ensayo por los fabricantes respectivos.

Los ensayos no deben realizarse si la humedad relativa es tal que cause una condensación en el ESE o en el equipamiento del ensayo.

NOTA – Cuando se estime que hay una evidencia suficiente para demostrar que los efectos del fenómeno referido en esta norma están influidos por las condiciones climáticas, se debería informar al comité responsable de esta norma.

## 7.2 Muestras de ensayo

Las muestras de envoltentes para cada ensayo deben ser nuevas y estar limpias.

La norma de producto aplicable a las envoltentes debe especificar los detalles tales como el número de muestras a ensayar. En ausencia de esta especificación, el usuario de la envoltente debe suministrar los detalles.

NOTA – Como los resultados de las envoltentes, en especial en la gama de altas frecuencias, pueden estar afectados por errores en el proceso de fabricación (por ejemplo, la eficacia de las conexiones a tierra, articulaciones de las partes metálicas, etc.), se recomienda ensayar algunas muestras representativas; estas muestras se deberían seleccionar de los lotes de producción sobre una base estadística siguiendo procedimientos reconocidos y reglas de muestreo.

## 7.3 Requisitos de análisis

No existen requisitos previos de análisis para efectuar los ensayos cualquiera que sea la técnica de eficacia del blindaje. Se exige un análisis simple después de los ensayos para dar los valores de eficacia del blindaje y la gama de mediciones (véase el apartado 7.10) utilizando las fórmulas presentadas en los capítulos 3 y 6.

## 7.4 Selección de la frecuencia de ensayo

La gama de frecuencias deseada para la clasificación según el código EM se debe distribuir en gamas de frecuencias definidas en el capítulo 6 para los ensayos. Para cada segmento de las gamas de frecuencias, baja, media y alta, se debe ensayar sobre el conjunto de la gama para un cierto número de puntos separados por espacios de un valor que no exceda del uno por ciento (1%) de la frecuencia.

La medición de un número de puntos de frecuencias evita las cuestiones de saber si se ha tenido éxito o fracaso en la selección de las frecuencias de ensayo. Comparando varios puntos de ensayo, el cambio relativo a diferentes frecuencias puede proporcionar información actual sobre el lugar en que el blindaje tiene un defecto si el rendimiento es deficiente.

Para la gama de frecuencias medias y en especial para la gama de altas frecuencias, las envoltentes pueden ser resonantes. Deberán considerarse los efectos potenciales de tales resonancias sobre los requisitos de ensayo y la interpretación de los resultados. Para una envoltente, la frecuencia de resonancia más baja será del orden de o inferior a

$$f_{r\text{low}} \text{ (Hz)} \approx 1,5 \times 10^8 \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}} \quad (8)$$

donde “a” y “b” (en metros) son las dos dimensiones mayores interiores (altura, anchura y profundidad) de la envoltente.

Si los ensayos no se realizan en un volumen blindado cerrado (por ejemplo, una cámara anecoica blindada u otra cámara blindada), es preciso que el funcionamiento del emisor sea autorizado por la organización de control autorizada. La autorización para el funcionamiento se puede exigir y la emisión a ciertas frecuencias puede ser limitada. Si estas limitaciones son necesarias, los ensayos se deben completar a las frecuencias comprendidas dentro del quince por ciento de los puntos del extremo inferior y superior de la banda de frecuencias para cumplir con los requisitos de marcado del código EM para la banda de frecuencias correspondiente; los puntos restantes estarán espaciados logarítmicamente en las porciones no limitadas de la banda. Si los ensayos no se pueden completar para cualquier segmento de la banda que exceda del treinta por ciento de la anchura de la banda de frecuencias para una designación dada (véase el capítulo 5), entonces el código EM no puede aplicarse para esa banda de frecuencias (se debe introducir una “x”).

### 7.5 Definición de la matriz de ensayo

La matriz de ensayo incluye mediciones para cada una de las gamas de frecuencias y para cada uno de los puntos de frecuencias exigidos en el apartado 7.4.

- Deben obtenerse datos para cada una de las dos polarizaciones de la antena de emisión en el plano paralelo a la superficie de la envolvente más próxima.
- Deben obtenerse datos para tres orientaciones de la envolvente con relación a la antena de emisión. Deben incluirse los casos en que las superficies de la envolvente que contienen aberturas (para ventilación, interruptores, señales luminosas, conectores, etc.) estén frente a la antena de emisión. Si tales aberturas están situadas sobre más de tres lados de la envolvente, todos esos lados se deben someter a ensayo.
- Deben tomarse datos con las antenas de emisión y de recepción situadas
  - a) en el centro, sobre la superficie expuesta de la envolvente si es menor de 2,5 m x 2,5 m, o una exposición para cada segmento de 2,5 m x 2,5 m de la superficie, y
  - b) directamente sobre cada abertura (puerta, panel de acceso, etc.) sobre el lado expuesto de la envolvente.

No hay requisitos sobre un promedio de la exploración pero se puede utilizar este procedimiento para extender la gama de mediciones (reduciendo el ruido). Si se utiliza, debe hacerse con todos los barridos (calibrado, medida y ruido). En general los datos de los puntos de ensayo se registrarán normalmente en forma de gráfico X-Y de la frecuencia y de la amplitud (ignorando la fase) de la gama de mediciones y de la eficacia del blindaje.

### 7.6 Requisitos para el equipamiento del ensayo

En la tabla 2 se indican los requisitos aplicables al equipamiento del ensayo necesario para las medidas de la eficacia del blindaje de la envolvente. Debe observarse que las salidas del amplificador para estos ensayos deben adaptarse a las capacidades de corriente y de potencia de los acopladores y de las antenas utilizadas en cada caso.

### 7.7 Requisitos de seguridad

No existen requisitos específicos más allá de los propios de seguridad normales del laboratorio para la manipulación a baja potencia RF, choques eléctricos o problemas de elevación.

Se debe tener cuidado de proteger al personal contra los riesgos RF, para todos los ensayos efectuados de acuerdo con esta norma. También se debe tener cuidado de evitar interferencias con otros equipos electrónicos que funcionen en proximidad.



**Tabla 2**  
**Requisitos para un equipamiento tipo para ensayos destinados a evaluar la eficacia del blindaje de una envolvente**

Analizador de red o generador de rastreo y analizador de espectros	Necesario para cubrir la gama de 10 kHz a 40 GHz (o una gama más limitada para cumplir los requisitos deseados) con una gama dinámica y una característica de ruido para permitir las mediciones exigidas.
Antenas	Cuadros (de una o varias espiras, de ~ 0,3 m de diámetro para las más pequeñas o hasta el 50% de la dimensión más pequeña de la envolvente sometida a ensayo, gama mínima de 10 kHz a 100 MHz o una gama más limitada para responder a los requisitos deseados).  Dipolos (para las frecuencias de 0,1 GHz a 1 GHz o una gama más limitada para responder a los requisitos deseados). Puede utilizarse cualquier diseño, que emita/reciba a las frecuencias deseadas con las características adecuadas para la conformidad con los requisitos de la gama dinámica.  Cuernos (para las frecuencias de 1 GHz a 40 GHz o una gama más limitada para responder a los requisitos deseados).
Amplificadores	Según lo prescrito para obtener los niveles de señales requeridos; rechazo de armónicos $\geq 15$ dB
Cables	La eficacia del blindaje de los cables y conectores debe ser superior a los niveles de señal deseados para la envolvente en la gama de frecuencias a ensayar.

### 7.8 Requisitos para el plan de ensayo

Se recomienda establecer un plan de ensayos global con los procedimientos detallados para los ensayos de la eficacia del blindaje de la envolvente. El plan de ensayos debe incluir como mínimo los puntos indicados a continuación:

- a) indicación de los objetivos de los ensayos;
- b) identificación y descripción de la envolvente sometida a ensayo. Debe anotarse cualquier desviación con relación a las condiciones esperadas durante una utilización normal;
- c) lista de accesos de entrada (PoE);
- d) identificación de la o de las gamas de frecuencias de ensayo;
- e) identificación del equipamiento de ensayo por el fabricante;
- f) los lados del ESE a someter directamente a la radiación;
- g) la polarización y emplazamiento de las muestras (antenas receptoras);
- h) descripción de la matriz de ensayos planificada;
- i) cualquier divergencia con relación a los requisitos de esta norma;
- j) gestión de datos, incluidos los datos de calibración y medición de control de calidad/aceptabilidad de estos, conservación de archivos de datos y criterios de aceptación;
- k) precauciones de seguridad.

Si uno de estos puntos ya está incluido en los procedimientos del laboratorio o en los manuales de normas de seguridad, puede incluirse en el plan de ensayos haciendo referencia a estos manuales, sin que sea necesario repetirlo íntegramente.

## 7.9 Características de los ensayos

**7.9.1 Montaje del ensayo.** Se admite la utilización de diferentes montajes de ensayo para cada una de las gamas de frecuencias de ensayo. El ensayo debe efectuarse en una de las condiciones siguientes:

**Opción 1:** La envolvente sometida a ensayo y la antena de emisión deben colocarse en una cámara blindada. Las paredes de la cámara deben estar recubiertas con un material absorbente para frecuencias de ensayo superiores a 10 MHz. La cámara debe tener unas dimensiones (en el interior del material absorbente) que sean al menos iguales a tres veces las dimensiones exteriores del objeto sometido a ensayo.

**Opción 2:** La envolvente sometida a ensayo y la antena de emisión deben estar colocadas en un volumen de exposición abierto, ya sea dentro de una estructura o en el exterior, en ausencia de estructuras conductoras en un radio de 5 m alrededor de la envolvente sometida a ensayo o de la antena de emisión.

La uniformidad del campo en el emplazamiento de la superficie frontal de la envolvente sometida a ensayo debe ser  $\pm 3$  dB (en ausencia de la envolvente sometida a ensayo).

En el anexo C se dan observaciones complementarias sobre las opciones de exposición.

La envolvente no unida a tierra que está sometida a ensayo debe colocarse sobre un zócalo no conductor. La altura de este zócalo debe ser de 0,8 m. Si la envolvente es lo suficientemente grande para que este emplazamiento con una altura de 0,8 m presente un riesgo, entonces se puede reducir esta altura a 0,1 m

No se exigen conexiones de fibras ópticas, pero son muy recomendadas. El material formado por el cableado debe colocarse lo más lejos posible de la fuente de la antena y de los cables de alimentación. Se exigen blindajes de alta calidad (funda sólida o al menos doble trenzado) en todos los cables. La eficacia del blindaje de estos cables debe ser al menos 10 dB superior (para todas las frecuencias a ensayar) a la exigida para la envolvente sometida a ensayo. La longitud del cable de recepción, y en especial la sección expuesta a los campos, debe ser estrictamente minimizado. Todos los pasos de la alimentación y todos los conectores se deben elegir por sus características RF. Se prefieren conectores roscados en lugar de otros tipos de conectores en la medida en que su impedancia de transferencia presenta una mejor compatibilidad con la de los cables utilizados.

Se obtienen mediciones de ruido utilizando los procedimientos descritos en el apartado 7.9.2.1, determinándose el emplazamiento de la antena de transmisión. El emplazamiento debe ser compatible para todas las mediciones.

Las mediciones de la eficacia del blindaje se describen en el apartado 7.9.2.2. El procedimiento de calibración se describe en el apartado 7.9.2.3.

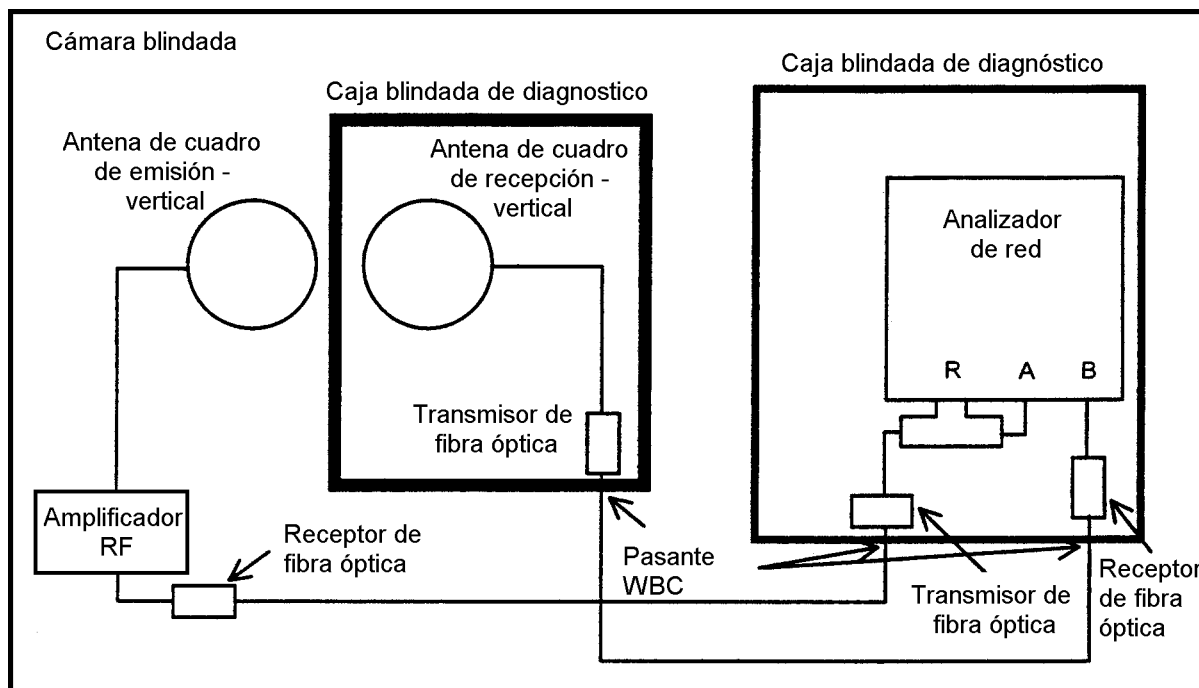
La antena de recepción dentro de la envolvente se situará hacia el centro del volumen del recinto. La antena no tocará ninguna de las paredes de la envolvente. Se exige que los ensayos se efectúan para las orientaciones básicas (polarizaciones) definidas en el apartado 7.5. Sin embargo, se recomienda utilizar igualmente otras polarizaciones y otros emplazamientos de la antena durante los ensayos para obtener una seguridad suplementaria de que la envolvente cumple con los requisitos deseados.

Si se utilizan cables conductores para extraer la señal de la envolvente sometida a ensayo, se autoriza su salida por un conductor fijado sobre la pared de la envolvente, o que el blindaje del cable esté soldado a modo de circunferencia sobre la pared de la envolvente en el punto de salida. En el caso de emplearse cables de fibras ópticas, éstos deben salir por una guía de ondas en régimen efímero (véase el apartado 4.14). Un defecto en el tratamiento correcto de la salida de estos cables de la envolvente podría llevar a una reducción de las prestaciones del blindaje medidas.

**7.9.1.1 Gama de bajas frecuencias (10 kHz a 30 MHz).** Las mediciones en todos los emplazamientos se efectúan con las antenas de cuadro en el mismo plano (coplanares). La antena (interna) de recepción se orienta con una polarización paralela a la antena de emisión a una distancia de 30 cm de la superficie de la envolvente (si el tamaño de la envolvente lo permite). La antena de emisión se sitúa a una distancia de 30 cm fuera de la envolvente. El tamaño de la antena de cuadro es de 30 cm de diámetro cuando sea factible y menos cuando sea necesario para adaptarse a las pequeñas envolventes. El tamaño máximo de la antena de cuadro exigido en el interior de la envolvente no debe exceder del 90% de la dimensión mínima de la envolvente. Las antenas de cuadro multiespirales pueden utilizarse para aumentar la potencia de la señal. Si se emplean antenas de cuadro multiespirales, es preciso utilizarlas en las exploraciones de calibración, de medición y del ruido. En caso de requerirse un valor diferente para el espacio y el tamaño, es preciso que la medición y calibración del ruido se efectúen con el mismo montaje de ensayo.

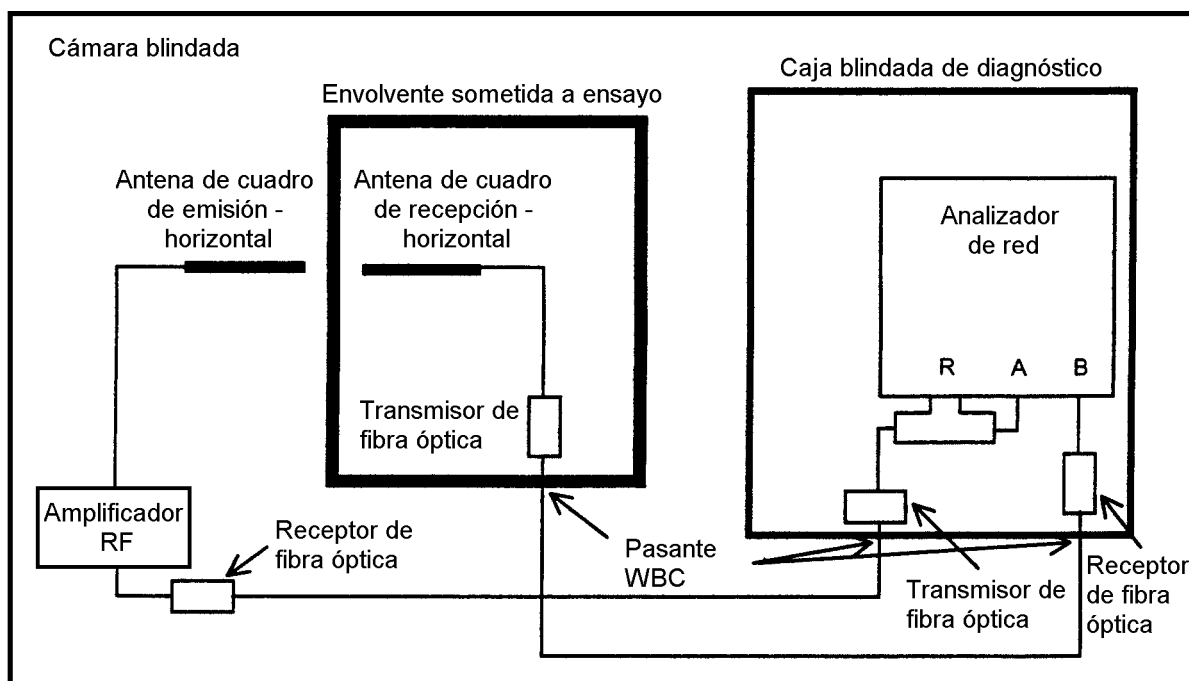
El montaje de ensayo preferido se representa en la figura 1 para el caso de la opción 1 del apartado 7.9.1. Si se utiliza el procedimiento de la opción 2, no existe recinto blindado. En el apartado 7.5 se dan los requisitos para el posicionamiento de las antenas en la superficie. El instrumento de medida se monta en el interior de la caja blindada y aislada por un enlace de fibra óptica. Si fuere necesario, el enlace de fibra óptica se puede sustituir por una conexión cableada con un conector RF circular pasante, de alta calidad, dispuesto en la barrera (véase la figura 2). Las antenas de cuadro se indican como ejemplo en las figuras. El borne "R" del analizador de red es la salida de la fuente, el borne "A" es para la señal reflejada y el borne "B" para la señal transmitida con una medición de atenuación normal.

Se puede exigir un amplificador RF para la señal de emisión que cubre la gama de frecuencias del ensayo para proveer una gama de medición que exceda el requisito de la eficacia del blindaje en 10 dB. Para el caso de la figura 2 en que las fibras ópticas no se utilizan, este amplificador podría situarse dentro o fuera del recinto blindado.



NOTA – No a escala. Se utiliza un material absorbente en las paredes de la cámara. La envoltura se sitúa en un soporte como se define en el apartado 7.9.1.

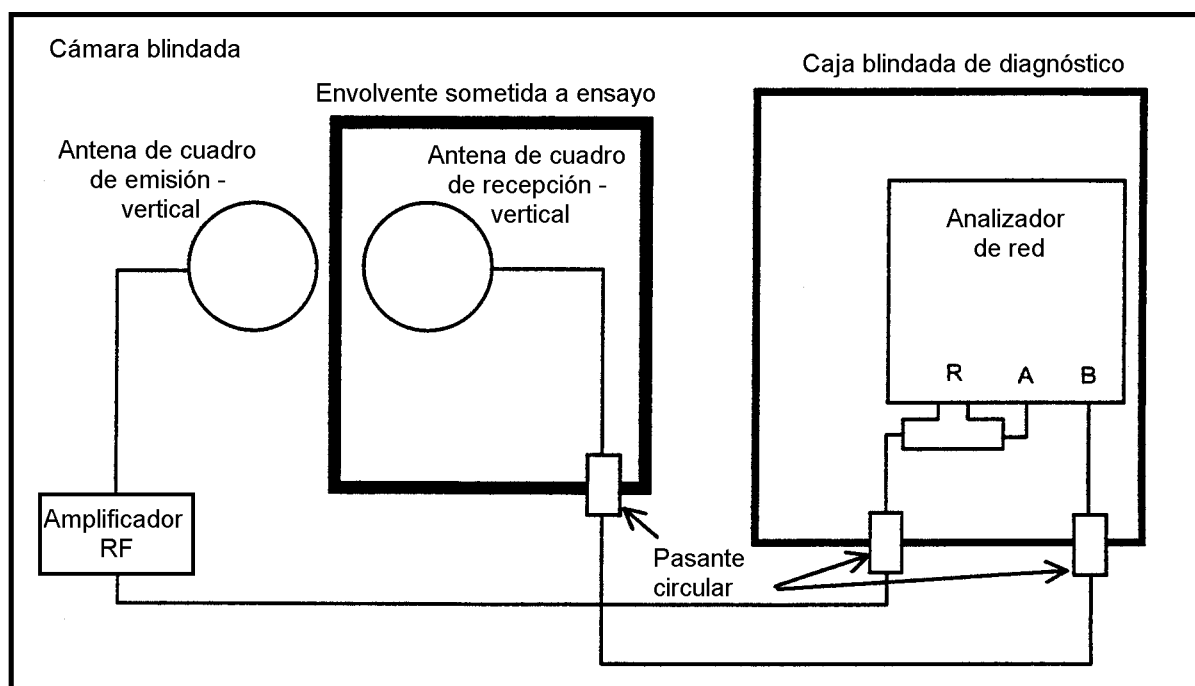
Fig. 1a – Antenas de cuadro de polarización vertical



NOTA – No a escala. Se utiliza un material absorbente en las paredes de la cámara. La envoltura se sitúa en un soporte como se define en el apartado 7.9.1.

Fig. 1b – Antena de cuadro de polarización horizontal

Fig. 1 – Montaje del ensayo de eficacia del blindaje para la gama de bajas frecuencias- fibras ópticas



NOTA – No a escala. Se utiliza un material absorbente en las paredes de la cámara. La envolvente se sitúa en un soporte como se define en el apartado 7.9.1.

**Fig. 2 – Montaje del ensayo de eficacia del blindaje para la gama de bajas frecuencias- cableado (las polarizaciones múltiples deben utilizarse como en la figura 1)**

**7.9.1.2 Gama de medias frecuencias (30 MHz a 1 GHz).** El procedimiento de medición para la gama de medias frecuencias es el mismo que para la gama de bajas frecuencias, sustituyendo las antenas de cuadro por antenas eléctricas unipolares o dipolos para medir el campo eléctrico. En el anexo D se suministra información complementaria para la selección de la antena.

La antena dipolo de emisión debe tener una ganancia que corresponda o exceda a la de un dipolo de media onda adaptado para todas las frecuencias de ensayo a utilizar. Por ejemplo, una antena logarítmico-periódica podría ser aceptable para este propósito. La antena de emisión no se debe colocar a una distancia inferior a dos longitudes de onda ó 2,5 m (entre las dos, se escoge el valor más pequeño) de la envolvente sometida a ensayo. El cable de antena de emisión debe ser perpendicular al dipolo que esté en proximidad.

La antena de recepción debe montarse a 30 cm del interior de la pared de la envolvente, en oposición a la antena de emisión. El tamaño de la antena de recepción no debe ser superior a 1/8 de la longitud de onda de la frecuencia más baja de ensayo. El cable que va hacia la antena de recepción debe ser perpendicular al eje del dipolo eléctrico salvo en regiones muy próximas a las paredes de la envolvente.

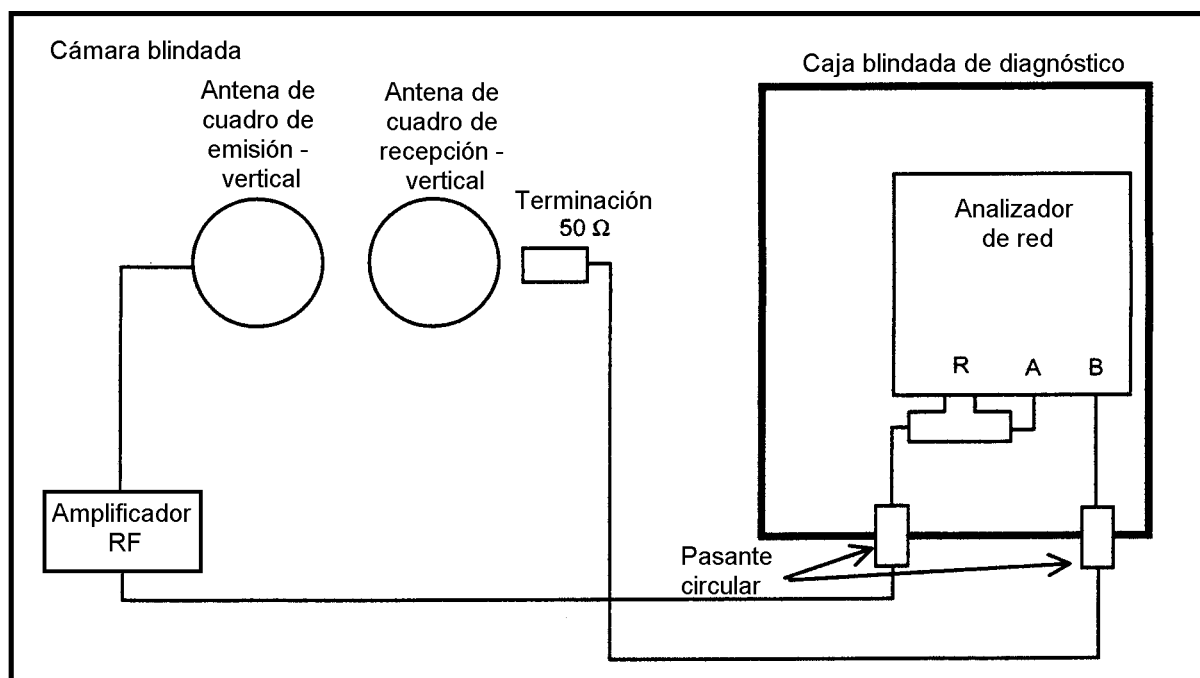
**7.9.1.3 Gama de altas frecuencias (1 GHz a 40 GHz).** El procedimiento de medición para la gama de las altas frecuencias es el mismo que para la gama de las medias frecuencias, sustituyéndose las antenas dipolo por una guía de ondas abierta y antenas de cuernos. En este caso, se mide la potencia en lugar del campo eléctrico.

La antena de emisión debe ser del tipo de guía de ondas abierta, con una anchura del haz de 3 dB en campo remoto de 50° a 60° o suficiente para iluminar la envolvente sometida a ensayo (o hasta una zona de 2,5 m x 2,5 m) con una uniformidad de la intensidad definida en la Norma CEI 61000-4-3 ("Calibración del campo"). La antena se debe montar a una distancia mínima de 2 m de la pared de la envolvente. Es conveniente utilizar un aislador entre la fuente y la antena para asegurar una salida de potencia constante, independientemente de la configuración de la medición. Este aislador no debe tener más de 1 dB de pérdida de inserción directa y debe presentar un rechazo mínimo de 20 dB de la onda reflejada.

La antena de recepción debe ser del tipo de cuernos, lo que da una anchura del haz en campo remoto de alrededor de 30°. La antena se debe montar a 30 cm de la pared interior de la envolvente en oposición a la antena de emisión. La salida de la antena se debe conectar a un cable coaxial de baja pérdida (para las frecuencias a ensayar), con una eficacia del blindaje superior a la esperada para la envolvente sometida a ensayo. En la práctica, deben realizarse ensayos para al menos dos orientaciones ortogonales de la antena de recepción en la envolvente; se recomienda tener en cuenta resultados para tres orientaciones. El resultado de los ensayos para la envolvente debe mostrar la eficacia del blindaje más baja que haya sido registrada. Para las envolventes pequeñas, el comité de producto correspondiente puede autorizar la utilización de tipos alternativos de antenas detectoras para la recepción. El procedimiento de medición debe ser el mismo.

**7.9.2 Ensayos.** Los ensayos de la gama de mediciones (ruido), de la eficacia del blindaje y del calibrado deben realizarse de acuerdo con los requisitos siguientes.

**7.9.2.1 Determinación de la gama de mediciones.** Las gamas de mediciones o mediciones del nivel de ruido deben ejecutarse para cada configuración del ensayo y para cada punto de frecuencia a ensayar de acuerdo con el apartado 7.9.2.2, pero con el cable hacia la antena de recepción desconectado y con una terminación blindada adaptada (de un valor nominal de 50  $\Omega$ ), conectada al cable (véase la figura 3). La antena estará en la misma posición que la utilizada para los ensayos de medición del campo (véase el apartado 7.9.2.2).



NOTA – No a escala. Se utiliza un material absorbente en las paredes de la cámara.

**Fig. 3 – Ejemplo del montaje del ensayo de calibración para ensayos en la gama de bajas frecuencias**

Para las mediciones del campo y de calibración se deben utilizar equipos, antenas, cables y ajustes del equipo idénticos (salvo los ajustes de los atenuadores que se deben tener en cuenta).

**7.9.2.2 Medición del campo penetrante en la envolvente.** El montaje del ensayo se representa en las figuras 1 y 2.

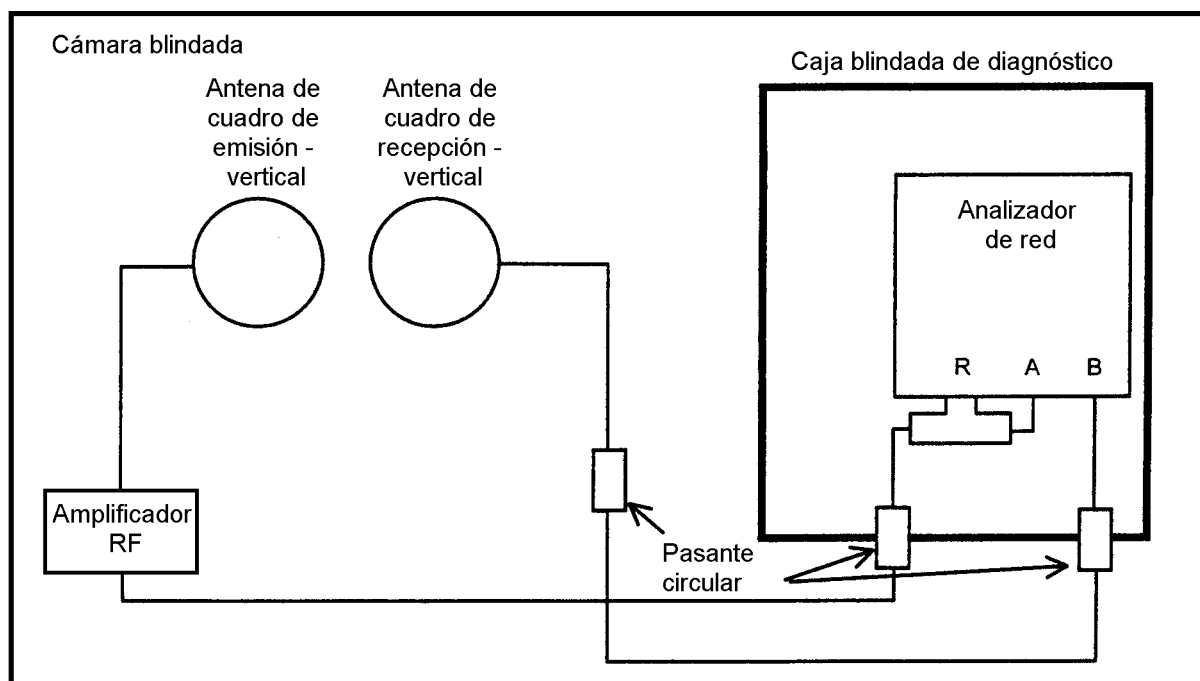
La exploración de la medición del campo se basa en la salida de la antena de recepción referida a la salida del analizador. En la figura 1 sólo se utiliza el montaje de fibras ópticas a título de ejemplo. El montaje utilizado para la exploración de la medición del campo debe utilizarse igualmente para determinar la gama de medición (ruido) y la calibración. La gama de medición y la eficacia del blindaje deben compararse con las prestaciones deseadas como se describe en el capítulo 6. Si la eficacia del blindaje medida es inferior a la eficacia del blindaje deseado, un ensayo a frecuencia fija, en que la envolvente sometida a ensayo se orienta en diferentes posiciones con relación a la antena de recepción, puede realizarse a la frecuencia del caso menos satisfactorio indicada en los ensayos de polarización fija para ayudar a aislar el problema.

Las ganancias de potencia y del amplificador se deben elegir para asegurar que la gama dinámica exceda de la eficacia del blindaje máxima especificada en 10 dB o más.

**7.9.2.3 Procedimiento de calibración.** Los ensayos de calibración deben realizarse para cada montaje de la medición del campo indicada en los apartados 7.5 y 7.9.1 antes de ser sometirse a los ensayos de acuerdo con el apartado 7.9.2.2. La posición relativa (separación y orientación) de las antenas debe ser la misma que para los procedimientos de medición del ruido y del campo pero después de retirar la envolvente (véase el ejemplo de la figura 4). Las ganancias de potencia y del amplificador deben elegirse para asegurar una gama dinámica que exceda la eficacia del blindaje máxima especificada en 10 dB o más. Según la figura 2, el amplificador RF puede situarse dentro o fuera de la cámara blindada si se utilizan cables conductores.

La exploración de la calibración deben utilizarse para determinar la eficacia del blindaje y la gama de medidas según se describe en el capítulo 6.

Durante el calibrado, ningún equipo u otro reflector electromagnético (excepto la tierra) debe situarse a una distancia inferior a tres veces la separación de antena a antena o a la de la altura de la antena, según el mayor de los valores.



NOTA – No a escala, se utiliza un material absorbente en las paredes de la cámara

**Fig. 4 – Ejemplo de configuración de la medida de calibración para ensayos en baja frecuencia**

### 7.10 Conclusiones de los ensayos

La envolvente se puede marcar o designar con el Código de Blindaje del capítulo 5 de esta norma si la prestación del blindaje, para cada gama de frecuencias designada, responde a las prestaciones exigidas para esta cifra, o las sobrepasa. Ello exige comparaciones de la eficacia del blindaje medida y de la gama de mediciones para la envolvente con los requisitos para la eficacia del blindaje deseada (Código EM).

En cada punto de ensayo, la eficacia del blindaje (calculada como se describe en el capítulo 6) se compara con los códigos de resultados del blindaje (véase la tabla 1) para cada una de las polarizaciones de la antena fuente de emisión y cada polarización y emplazamiento de la antena de recepción.

La especificación de los requisitos generales para los ensayos y las condiciones de aceptación para los equipos que contienen agujeros de drenaje o aberturas de ventilación es de la responsabilidad de los usuarios de la envolvente.

### 7.11 Documentación del ensayo

Debe elaborarse un informe del ensayo. El informe del ensayo debe contener como mínimo las informaciones siguientes:

- a) un plan de ensayos o una referencia a un plan de ensayos (véase el apartado 7.8);
- b) una identificación del equipamiento del ensayo por un número de serie;
- c) los emplazamientos de los puntos de ensayo con identificación y orientaciones de la antena;
- d) la eficacia del blindaje y la gama de mediciones que muestrea la eficacia del blindaje y la gama de mediciones en función de la frecuencia para cada punto de ensayo;
- e) la matriz de las series de ensayos, identificando el número de ensayo, tipo, emplazamiento y las conclusiones del ensayo;
- f) una lista y examen de cualquier discrepancia con relación a los requisitos de esta norma.

Si estos puntos se incluyen en un informe existente, se pueden incluir con referencia a este documento.

## 8 CLASIFICACIÓN

El Código EM tal como se define en el capítulo 5 debe utilizarse para clasificar la calidad de la envolvente. Debe aplicarse un marcado que corresponde a la clasificación del código EM en concordancia con las Normas de Producto de envolventes. Como la calidad del blindaje de la envolvente puede cambiar a causa de modificaciones o de la instalación del equipo, los marcados deben aplicarse de forma permanente o de manera que puedan ser extraíbles (por ejemplo, etiquetas adhesivas de quita y pon). Cualquier marcado debe ser legible y debe indicar "Norma CEI 61000-5-7" directamente bajo el Código EM.

Cuando una parte de una envolvente de múltiples partes tiene un grado de eficacia del blindaje diferente de otra parte de la misma envolvente, deben aplicarse marcados por separado en cada parte de la envolvente.



**ANEXO A (Informativo)**

**PUNTOS A OBSERVAR PARA LA SELECCIÓN DE LOS REQUISITOS DE PROTECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS ENVOLVENTES**

La eficacia del blindaje de una envolvente puede estar influida por la disposición de los conductores que estén cerca de la envolvente o conectados a ésta, y por el contenido de esta envolvente. Teniendo en cuenta estos factores, la calidad de atenuación de una envolvente antes de su instalación, tal como se define en esta norma, puede estar o no directamente relacionada con las prestaciones del blindaje finales. Esto es especialmente cierto por encima del límite de la frecuencia de resonancia de la cavidad de una envolvente cuando el factor de calidad de resonancia tiene una influencia directa sobre la intensidad del campo interno. Los fabricantes necesitarán determinar las características de las envolventes “vacías” necesarias para cumplir con los requisitos de inmunidad y/o de emisiones para productos completos.

En bajas frecuencias, cuando las dimensiones de la envolvente son pequeñas con respecto a la longitud de onda, el acoplamiento dominante se debe a menudo a las corrientes de superficie causadas por los conductores y cables conectados. Para tales casos, es necesario asegurar que la protección electromagnética dada por la envolvente será suficiente para atenuar de manera adecuada estas tensiones “concentradas”. Para los casos en los que los cables entran en una celda, puede obtenerse una prestación del blindaje mejorado desacoplando los transitorios externos en los cables fijados utilizando elementos no lineales. El diseño y las características de la instalación de tales elementos no lineales influirán en la calidad de atenuación de una envolvente.

La eficacia del blindaje obtenida estará también influida por las características de funcionamiento de los filtros sobre los conductores y cables que estén conectados a la envolvente. Generalmente que los filtros deberán tener casi la misma atenuación que la envolvente de manera que mantenga las características de funcionamiento de la envolvente.

La instalación de conectores, interruptores, señales luminosas, etc. que atraviesan la pared de la envolvente puede influir igualmente en las características de funcionamiento del blindaje. Se recomienda tener cuidado de que el diseño y la instalación de tales útiles no influyan de manera negativa en las características de funcionamiento del blindaje.

Si existe paneles de acceso u otras aberturas que puedan abrirse durante el funcionamiento del equipo a instalar en la envolvente, es preciso tener en cuenta la influencia del blindaje.

**ANEXO B (Informativo)****RESUMEN DE LAS RESPONSABILIDADES DE LOS COMITÉS DE ESTUDIO DE PRODUCTO FINAL  
COMPETENTES**

El Código EM para la clasificación de los grados de protección electromagnética proporcionados por las envolventes se destina como ayuda de los fabricantes de equipos, para que provean de una manera uniforme la designación de características del blindaje electromagnético de las envolventes.

No se recomienda considerar a esta norma como apropiada para cubrir todos los detalles específicos de los diferentes tipos de envolventes. Es por tanto responsabilidad de los Comités de Estudios y de los Comités de Producto competentes que traten de la utilización de las envolventes de especificar en sus propias normas todos los detalles relacionados con la aplicación del Código EM para envolventes a un tipo de equipo especial, como se indica a continuación.

La clasificación con el Código EM y cualquier otro marcado asociado corresponde a una declaración de conformidad de todas los requisitos aplicables de esta norma e igualmente de cualquier requisito complementario especificado en la norma de producto apropiada.

La relación siguiente se da como una guía de informaciones detalladas a especificar en las normas de productos para envolventes:

- campo de aplicación y procedimiento de utilización del Código EM para la protección electromagnética;
- definición del término “envolvente” tal como se aplica al tipo particular de equipo;
- protección de la envolvente y del equipo dentro de la envolvente contra los campos electromagnéticos externos y/o protección de los equipos externos contra los campos electromagnéticos producidos en el interior;
- informaciones detalladas para la aplicación del marcado (véase el capítulo 8);
- condiciones atmosféricas para los ensayos si son diferentes de las indicadas en el apartado 7.1;
- estado y condiciones de las muestras de ensayo si son diferentes de los “requisitos generales para los ensayos”;
- informaciones detalladas de las condiciones de ensayo, tales como:
  - número de muestras;
  - montaje, ensamblaje, posicionamiento;
  - medidas de protección complementarias añadidas para facilitar el ensayo, pero que no forman parte normalmente de una envolvente completa;
  - guía para la interpretación de los resultados del ensayo y para las condiciones de aceptación.

Se consultará a la Secretaría del TC 77 antes de la introducción de cualquier nueva letra suplementaria en el Código EM y se indicará el procedimiento del ensayo complementario.

**ANEXO C (Informativo)**

**OTROS MÉTODOS DE ENSAYO – CELDAS TEM Y GUÍAS DE BANDAS PLANAS**

Las guías de ondas de bandas planas constituyen simuladores útiles para la producción eficaz de campos lineales para los ensayos de envolventes pequeñas (tamaño de alrededor de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m), desde corriente continua a 200 MHz (o más). Debido a la radiación lateral, se debería aplicar una rotación a la envolvente para efectuar los ensayos de polarización horizontal y vertical.

Se puede mejorar la uniformidad y la reducción del campo externo utilizando un material absorbente RF y manteniendo una distancia de al menos 2 m entre la guía de bandas planas y los otros objetos reflectantes.

Las celdas TEM tienen la ventaja de encerrar el campo producido, pero normalmente solo pueden equipar las envolventes más pequeñas a frecuencias que van hasta varias centenas de megahertzios. Los diseños especiales (por ejemplo, celdas GTEM) tienen gamas de frecuencias más altas y pueden equipar envolventes más grandes.

Al igual que con las guías de bandas planas, se debería aplicar una rotación a la celda TEM para efectuar los ensayos de polarización horizontal y vertical.

Las guías de bandas planas y las celdas TEM sólo pueden utilizarse si los requisitos de uniformidad del campo se cumplen y si la envolvente se puede montar como se exige en el capítulo 7 de esta norma.

Además, la envolvente no debería exceder un tercio de la dimensión entre el diafragma de la guía de ondas y el conductor más externo del simulador.

**ANEXO D** (Informativo)**ANTENAS****D.1 Antena bicónica (30 MHz A 1 GHz)**

Esta antena está constituida por un simetrizador enrollado coaxialmente y de un elemento tridimensional que ofrecen una gran gama de frecuencias para su utilización a la vez en emisión y en recepción. La curva de factor de la antena es una línea en gran parte regular que aumenta normalmente con la frecuencia.

El tamaño compacto de estas antenas las hace ideales para una utilización en zonas de dimensiones reducidas como cámaras anecoicas en la medida en que los efectos de proximidad se minimizan.

**D.2 Antena logarítmico-periódica (30 MHz – 1 GHz)**

Una antena logarítmico-periódica es un conjunto de dipolos de diferentes longitudes conectados a una línea de transmisión.

Las antenas de banda ancha tienen un resultado relativamente alto y un bajo VSWR.

NOTA – Cuando se elige una antena para la generación de campos, se debería establecer que el simetrizador pueda manejar la potencia necesaria.

## BIBLIOGRAFÍA

CEI 60297-1 – Dimensiones de las estructuras mecánicas de la serie de 482,6 mm (19 pulgadas). Parte 1: Paneles y bastidores.

| NOTA – Armonizada como Documento de Armonización HD 493.1 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-2 – Dimensiones de las estructuras mecánicas de la serie de 482,6 mm (19 pulgadas). Parte 2: Armarios y estructuras de bastidor armados.

| NOTA – Armonizada como Documento de Armonización HD 493.2 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-3 – Dimensiones de las estructuras mecánicas de la serie de 482,6 mm (19 pulgadas). Parte 3: Sub-bastidores y bloques enchufables asociados.

| NOTA – Armonizada como Documento de Armonización HD 493.3 S1:1998 (sin modificar).

CEI 60297-4 – Dimensiones de las estructuras mecánicas de la serie de 482,6 mm (19 pulgadas). Parte 4: Sub-bastidores y bloques enchufables asociados. Dimensiones suplementarias

| NOTA – Armonizada como Norma EN 60297-4:1995 (sin modificar).

CEI 60917-1 – Orden modular para el desarrollo de las estructuras mecánicas para las infraestructuras electrónicas. Parte 1: Norma genérica

| NOTA – Armonizada como Norma EN 60917-1:1995 (sin modificar).

CISPR 16-1 – Especificaciones de los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas, Parte 1: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas

## ANEXO ZA (Normativo)

**OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES**

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

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

<b>Norma Internacional</b>	<b>Fecha</b>	<b>Título</b>	<b>EN/HD</b>	<b>Fecha</b>	<b>Norma UNE correspondiente<sup>1)</sup></b>
CEI 60050-161	<sup>2)</sup>	Vocabulario Electrotécnico Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética	–	–	UNE 21302-161:1992
CEI 60050-826	<sup>2)</sup>	Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios	HD 384.2 S2	2001 <sup>3)</sup>	UNE 21302-826/3M:2001
CEI 60068-1	<sup>2)</sup>	Ensayos ambientales Parte 1: Generalidades y guía	EN 60068-1	1994 <sup>3)</sup>	UNE-EN 60068-1:1997
CEI 60529	<sup>2)</sup>	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)	EN 60529 + corr. mayo	1991 1993 <sup>3)</sup>	UNE 20324:1993
CEI 61000-4-3 (mod)	<sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.	EN 61000-4-3	1996 <sup>3)</sup>	UNE-EN 61000-4-3:1998
CEI 61000-4-23	<sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 23: Métodos de ensayo para los dispositivos de protección para perturbaciones IEMN-GA y otras perturbaciones radiadas	EN 61000-4-23	2000 <sup>3)</sup>	UNE-EN 61000-4-23:2002

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.

3) Edición válida a la fecha de edición.



---

---

**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**