Este documento es un instrumento de documentación y no compromete la responsabilidad de las instituciones

►**B**

RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO

de 12 de julio de 1999

relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)

(1999/519/CE)

(DO L 199 de 30.7.1999, p. 59)

Rectificado por:

►**C1** Rectificación, DO L 265 de 5.10.2001, p. 42 (519/1999/CE)

▼B

RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO

de 12 de julio de 1999

relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)

(1999/519/CE)

EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, el párrafo segundo del apartado 4 de su artículo 152,

Vista la propuesta de la Comisión [1],

Visto el dictamen del Parlamento Europeo,

Considerando lo siguiente,

(1) De conformidad con la letra p) del artículo 3 del Tratado, la acción comunitaria debe incluir una contribución al logro de un alto nivel de protección de la salud; considerando que el Tratado contempla asimismo la protección de la salud de los trabajadores y los consumidores;

(2) En su Resolución del 5 de mayo de 1994 sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las radiaciones no ionizantes [2], el Parlamento Europeo invitó a la Comisión a proponer medidas legislativas para limitar la exposición de los trabajadores y del público en general a la radiación electromagnética no ionizante;

(3) Existen exigencias mínimas comunitarias para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en relación con los campos electromagnéticos, en lo que se refiere al trabajo con equipos con pantallas de visualización [3]; se introdujeron medidas comunitarias para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, de la que haya dado a luz recientemente o esté en período de lactancia [4], que establecen, entre otras, la obligación de que los empresarios evalúen las actividades que implican un riesgo específico de exposición a radiaciones no ionizantes; se han propuesto exigencias mínimas para proteger a los trabajadores de los agentes físicos [5], incluidas medidas contra la radiación no ionizante; en consecuencia, la presente Recomendación no trata de la protección de los trabajadores contra la exposición a los campos electromagnéticos en el lugar de trabajo;

(4) Es absolutamente necesaria la protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que se sabe pueden resultar de la exposición a campos electromagnéticos;

(5) Las medidas en relación con los campos electromagnéticos deberán proporcionar un elevado nivel de protección a todos los ciudadanos de la Comunidad; las disposiciones de los Estados miembros en este ámbito deberán basarse en un marco establecido de común acuerdo que contribuya a garantizar la uniformidad de la protección en toda la Comunidad;

(6) De conformidad con el principio de subsidiariedad, cualquier nueva medida emprendida en un ámbito que no sea competencia exclusiva de la Comunidad, como es la protección de los ciudadanos contra la radiación no ionizante, sólo puede ser adoptada por la Comunidad si, a la vista de la escala o de los efectos de la acción propuesta, la Comunidad puede alcanzar los objetivos propuestos mejor que los Estados miembros;

---

[1] DO C 175 de 21.6.1999.
[2] DO C 205 de 25.7.1994, p. 439.
[3] DO L 156 de 21.6.1990, p. 14.
[4] DO L 348 de 28.11.1992, p. 1.
[5] DO C 77 de 18.3.1993, p. 12, y DO C 230 de 19.8.1994, p. 3.

▼B

(7) Las acciones sobre la limitación de la exposición del público en general a los campos electromagnéticos deberían guardar proporción con otros aspectos de la calidad de vida en relación con servicios en que se recurre a los campos electromagnéticos, en sectores como las telecomunicaciones, la energía y la seguridad pública;

(8) Es necesario establecer un marco comunitario para la exposición a los campos electromagnéticos con objeto de proteger a los ciudadanos por medio de recomendaciones dirigidas a los Estados miembros;

(9) La presente Recomendación tiene como objetivo proteger la salud de los ciudadanos y, por lo tanto, se aplica en especial a las zonas pertinentes en las que los ciudadanos pasan un lapso de tiempo significativo en relación con los efectos cubiertos por la presente Recomendación;

(10) El marco comunitario para hacer uso de la amplia recopilación de documentación científica ya existente debe basarse en los mejores datos y asesoramiento científicos disponibles en el momento actual en este ámbito y que debería incluir restricciones básicas y niveles de referencia en relación con la exposición a campos electromagnéticos, recordando que únicamente se han utilizado efectos comprobados como base para la limitación recomendada de las exposiciones; la Comisión internacional de protección contra las radiaciones no ionizantes (Icnirp) ha prestado asesoramiento a este respecto, asesoramiento que ha sido respaldado por el Comité científico director de la Comisión; el marco debería ser revisado y evaluado periódicamente a la luz de los nuevos conocimientos y de las novedades de la tecnología y de las aplicaciones de las fuentes y prácticas que dan lugar a exposición a campos electromagnéticos;

(11) Dichas restricciones básicas y niveles de referencia deberían aplicarse a todas las radiaciones emitidas por campos electromagnéticos, a excepción de la radiación óptica y la radiación ionizante; los datos y asesoramiento correspondientes a la radiación óptica requieren todavía estudio y ya existen disposiciones comunitarias en relación con la radiación ionizante;

(12) Para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas de la presente Recomendación se anima a los organismos nacionales y europeos de normalización; deberían ser apoyados (por ejemplo, Cenelec, CEN) para que desarrollen, en el marco de la normativa comunitaria, normas para el diseño y prueba de equipos;

(13) La observancia de las restricciones y niveles de referencia recomendados debería proporcionar un elevado nivel de protección contra los efectos nocivos para la salud que pueden resultar de la exposición a campos electromagnéticos pero tal observancia puede no impedir necesariamente que se produzcan problemas de interferencia u otros efectos sobre el funcionamiento de productos sanitarios tales como prótesis metálicas, marcapasos y desfibriladores cardíacos e injertos cocleares y otros injertos; la interferencia con marcapasos puede ocurrir a niveles inferiores a los niveles de referencia recomendados y debería por ello someterse a las precauciones adecuadas que, sin embargo, están fuera del ámbito de la presente Recomendación y se tratan en el contexto de la legislación sobre compatibilidad electromagnética y productos sanitarios;

(14) De conformidad con el principio de proporcionalidad, la presente Recomendación establece principios generales y métodos de protección del público, pero que es competencia de los Estados miembros el establecimiento de normas detalladas respecto de las fuentes y prácticas que pueden dar lugar a exposición a campos magnéticos y la clasificación de las condiciones de exposición de los individuos en profesionales o no profesionales, teniendo en cuenta y respetando las normas comunitarias en relación con la salud y la seguridad de los trabajadores;

▼B

(15) De acuerdo con el Tratado, los Estados miembros pueden establecer un nivel de protección más elevado que el reflejado en la presente Recomendación;

(16) Las medidas arbitradas por los Estados miembros en este ámbito, ya sean obligatorias o no obligatorias, y la forma en que hayan tenido en cuenta la presente Recomendación, deberán ser objeto de informes, tanto en el ámbito nacional como comunitario;

(17) Con objeto de incrementar el conocimiento de los riesgos y medidas de protección contra los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían fomentar la divulgación de la información y las normas prácticas al respecto, sobre todo en lo que se refiere al diseño, instalación y utilización de equipos, de manera que se consigan niveles de exposición que no sobrepasen las restricciones recomendadas;

(18) Debería prestarse atención a un adecuado conocimiento e información sobre los riesgos relacionados con los campos electromagnéticos, que tenga en cuenta las percepciones que de esos riesgos tienen los ciudadanos;

(19) Los Estados miembros deben estar al tanto del progreso de la tecnología y de los conocimientos científicos con respecto a la protección contra la radiación no ionizante, teniendo en cuenta el aspecto de precaución, y deben disponer exámenes y revisiones periódicos, con la realización periódica de evaluaciones a la luz de la orientación que ofrezcan las organizaciones internacionales pertinentes, como la Comisión internacional de protección contra las radiaciones no ionizantes,

RECOMIENDA:

I. A efectos de la presente Recomendación, los Estados miembros deberían asignar a las cantidades físicas enumeradas en la parte A del anexo I el significado que en éste se les atribuye.

II. Para proporcionar un elevado nivel de protección de la salud contra la exposición a los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían:

a) adoptar un marco de restricciones básicas y niveles de referencia tomando como base la parte B del anexo I;

b) aplicar medidas, conformes con dicho marco, en relación con las fuentes o prácticas que dan lugar a la exposición electromagnética de los ciudadanos, cuando el tiempo de exposición sea significativo, con excepción de la exposición por razones médicas, en cuyo caso deberán sopesarse convenientemente los riesgos y ventajas de la exposición, por encima de las restricciones básicas;

c) procurar que se respeten las restricciones básicas que figuran en el anexo II en lo que se refiere a la exposición de los ciudadanos.

III. Para facilitar y promover el respeto de las restricciones básicas que figuran en el anexo II, los Estados miembros:

a) deberían tener en cuenta los niveles de referencia que figuran en el anexo III para efectuar la evaluación de la exposición o, cuando existan y en la medida en que las reconozca el Estado miembro en cuestión, las normas europeas o nacionales que estén basadas en procedimientos de cálculo y medición previstos para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas;

b) deberían evaluar las situaciones que implican fuentes de más de una frecuencia de acuerdo con las fórmulas establecidas en el anexo IV, tanto en términos de restricciones básicas como de niveles de referencia;

c) podrán tener en cuenta, cuando convenga, criterios tales como la duración de la exposición, las partes del organismo expuestas, la edad y las condiciones sanitarias de los ciudadanos.

▼B

IV. Los Estados miembros, al decidir si hay que actuar o no, con arreglo a la presente Recomendación, deberían tener en cuenta tanto los riesgos como los beneficios.

V. Para conseguir que se comprendan mejor los riesgos y la protección contra la exposición a campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían proporcionar al ciudadano información en un formato adecuado sobre los efectos de los campos electromagnéticos y sobre las medidas adoptadas para hacerles frente.

VI. Con el fin de mejorar los conocimientos que se tienen acerca de los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían promover y revisar la investigación pertinente sobre campos electromagnéticos y salud humana en el contexto de sus programas de investigación nacionales, teniendo en cuenta las recomendaciones comunitarias e internacionales en materia de investigación y los esfuerzos realizados en este ámbito basándose en el mayor número posible de fuentes.

VII. Para contribuir al establecimiento de un sistema coherente de protección contra los riesgos de la exposición a campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían elaborar informes sobre las experiencias obtenidas con las medidas que adopten en el ámbito de la presente Recomendación e informar a la Comisión transcurridos tres años de la aprobación de la misma, indicando el modo en que la han incorporado a dichas medidas.

INVITA a la Comisión a:

1. llevar a cabo el trabajo necesario para el establecimiento de las normas europeas a que hace referencia la letra a) de la sección III, incluidos los métodos de cálculo y medición;

2. fomentar la investigación relativa a los efectos a corto y largo plazo de la exposición a campos electromagnéticos en todas las frecuencias pertinentes, en la ejecución del actual programa marco de investigación;

3. seguir participando en el trabajo de las organizaciones internacionales con competencias en este ámbito y promover la consecución de un consenso internacional en las directrices y consejos referentes a las medidas de protección y prevención;

4. supervisar los asuntos tratados en la presente Recomendación con vistas a su revisión y actualización, teniendo en cuenta también los posibles efectos, que están siendo actualmente estudiados, incluidos los aspectos pertinentes relativos a la precaución, y elaborar, en el plazo de cinco años, un informe para la Comunidad en su conjunto que tenga en cuenta los informes de los Estados miembros así como los últimos datos e informes científicos.

Hecho en Bruselas, el 12 de julio de 1999.

Por el Consejo

El Presidente

S. NIINISTÖ

▼B

ANEXO I

DEFINICIONES

A los fines de esta Recomendación, el término campos electromagnéticos (CEM) comprende los campos estáticos, los campos de frecuencia extraordinariamente baja (FEB) y los campos de radiofrecuencia (RF), incluidas las microondas, abarcando la gama de frecuencia de 0 Hz a 300 GHz.

A. CANTIDADES FÍSICAS

En el contexto de la exposición a los CEM, se emplean habitualmente ocho cantidades físicas:

La *corriente de contacto* (I_C) entre una persona y un objeto se expresa en amperios (A). Un objeto conductor en un campo eléctrico puede ser cargado por el campo.

La *densidad de corriente* (J) se define como la corriente que fluye por una unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de la corriente, en un conductor volumétrico como puede ser el cuerpo humano o parte de éste, expresada en amperios por metro cuadrado (A/m^2).

La *intensidad de campo eléctrico* es una cantidad vectorial (E) que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios por metro (V/m).

►C1 La *intensidad de campo magnético* es ◄ una cantidad vectorial (H) que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m).

La *densidad de flujo magnético o inducción magnética* es una cantidad vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en teslas (T). En espacio libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia $1\ A\ m^{-1} = 4\pi\ 10^{-7}\ T$.

La *densidad de potencia* (S) es la cantidad adecuada que se utiliza para frecuencias muy altas, cuya profundidad de penetración en el cuerpo es baja. Es la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, y se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

La *absorción específica de energía* (SA, *specific energy absorption*) se define como la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico, expresada en julios por kilogramo (J/kg). En esta recomendación se utiliza para limitar los efectos no térmicos de la radiación de microondas pulsátil.

►C1 La *tasa de absorción específica de energía (SAR, specific energy absorption rate)*, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, se define como la energía que es absorbida por unidad de masa de tejido corporal, y ◄ se expresa en vatios por kilogramo (W/kg). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a la RF. Junto al SAR medio de cuerpo entero, los valores SAR locales son necesarios para evaluar y limitar una deposición excesiva de energía en pequeñas partes del cuerpo como consecuencia de unas condiciones especiales de exposición, como por ejemplo: la exposición a la RF en la gama baja de Mhz de una persona en contacto con la tierra, o las personas expuestas en el espacio adyacente a una antena.

De entre estas cantidades, las que pueden medirse directamente son la densidad de flujo magnético, la corriente de contacto, la intensidad del campo eléctrico y la del campo magnético y la densidad de potencia.

B. RESTRICCIONES BÁSICAS Y NIVELES DE REFERENCIA

Para la aplicación de las restricciones basadas en la evaluación de los posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre la salud, se ha de diferenciar las restricciones básicas de los niveles de referencia.

Nota:

Estas restricciones básicas y niveles de referencia para limitar la exposición han sido desarrollados a partir de un minucioso estudio de toda la bibliografía científica publicada. Los criterios aplicados en este estudio fueron fijados para evaluar la credibilidad de las diversas conclusiones alcanzadas; únicamente se utilizaron como base para las restricciones de exposición propuestas efectos comprobados. No se considera comprobado que el cáncer sea uno de los efectos de la exposición a largo plazo a los CEM. Sin embargo, puesto que existen cerca de 50 factores de seguridad entre los valores límite en relación con los efectos agudos y las restricciones básicas, esta Recomendación abarca

▼B

implícitamente los posibles efectos a largo plazo en toda la gama de frecuencia.

Restricciones básicas. Las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas, reciben el nombre de «restricciones básicas». Dependiendo de la frecuencia del campo, las cantidades físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia (S). La inducción magnética y la densidad de potencia se pueden medir con facilidad en los individuos expuestos.

Niveles de referencia. Estos niveles se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas. Algunos niveles de referencia se derivan de las restricciones básicas pertinentes utilizando mediciones o técnicas computerizadas, y algunos se refieren a la percepción y a los efectos adversos indirectos de la exposición a los CEM. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la inducción magnética (B), la densidad de potencia (S) y la corriente en extremidades (I_L). Las cantidades que se refieren a la percepción y otros efectos indirectos son la corriente (de contacto) (I_C) y, para los campos pulsátiles, la absorción específica de energía (SA). En cualquier situación particular de exposición, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden compararse con el nivel de referencia adecuado. El cumplimiento del nivel de referencia garantizará el respeto de la restricción básica pertinente. Que el valor medido sobrepase el nivel de referencia no quiere decir necesariamente que se vaya a sobrepasar la restricción básica. Sin embargo, en tales circunstancias es necesario comprobar si ésta se respeta.

En estas recomendaciones no se establecen restricciones cuantitativas sobre campos eléctricos estáticos. No obstante, se recomienda que se evite la percepción molesta de cargas eléctricas superficiales y de descargas de chispas que provocan estrés o molestias.

Algunas cantidades, como la inducción magnética (B) y la densidad de potencia (S), sirven a determinadas frecuencias como restricciones básicas y como niveles de referencia (véanse los anexos II y III).

▼B

ANEXO II

RESTRICCIONES BÁSICAS

Dependiendo de la frecuencia, para especificar las restricciones básicas sobre los campos electromagnéticos se emplean las siguientes cantidades físicas (cantidades dosimétricas o exposimétricas):

— entre 0 y 1 Hz se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variable en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central,

— entre 1 Hz y 10 MHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso,

— entre 100 kHz y 10 GHz se proporcionan restricciones básicas del SAR para prevenir la fatiga calorífica de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama de 100 kHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR,

— entre 10 GHz y 300 GHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de potencia, con el fin de prevenir el calentamiento de los tejidos en la superficie corporal o cerca de ella.

Las restricciones básicas expuestas en el cuadro 1 se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan introducir las sensibilidades individuales y las condiciones medioambientales, así como el hecho de que la edad y el estado de salud de los ciudadanos varían.

Cuadro 1

Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

Gama de frecuencia	Inducción magnética (Tm)	Densidad de corriente (mA/m^2) (rms)	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m^2)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

Notas

1. f es la frecuencia en Hz.

2. El objetivo de la restricción básica de la densidad de corriente es proteger contra los graves efectos de la exposición sobre los tejidos del sistema nervioso central en la cabeza y en el tronco, e incluye un factor de seguridad. Las restricciones básicas para los campos FEB se basan en los efectos negativos establecidos en el sistema nervioso central. Estos efectos agudos son esencialmente instantáneos y no existe justificación científica para modificar las restricciones básicas en relación con las exposiciones de corta duración. Sin embargo, pues que las restricciones básicas se refieren a los efectos negativos en el sistema nervioso central, estas restricciones básicas pueden permitir densidades más altas en los tejidos del cuerpo distintos de los del sistema nervioso central en iguales condiciones de exposición.

3. Dada la falta de homogeneidad eléctrica del cuerpo, debe calcularse el promedio de las densidades de corriente en una sección transversal de 1 cm^2 perpendicular a la dirección de la corriente.

4. Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores máximos de densidad de corriente pueden obtenerse multiplicando el valor rms por $\sqrt{2}$ ($\sim$1,414). Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$.

5. Para frecuencias de hasta 100 kHz y para campos magnéticos pulsátiles, la densidad de corriente máxima asociada con los pulsos puede calcularse a partir

▼B

de los tiempos de subida/caída y del índice máximo de cambio de la inducción magnética. La densidad de corriente inducida puede entonces compararse con la restricción básica adecuada.

6. Todos los valores SAR deben ser promediados a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.

7. La masa promedial de SAR localizado la constituye una porción cualquiera de 10 g de tejido contiguo; el SAR máximo obtenido de esta forma debe ser el valor que se utilice para evaluar la exposición. Estos 10 g de tejido se consideran como una masa de tejidos contiguos con propiedades eléctricas casi homogéneas. Se especifica que se trata de una masa de tejidos contiguos, se reconoce que este concepto puede utilizarse en la dosimetría automatizada, aunque puede presentar dificultades a la hora de efectuar mediciones físicas directas. Puede utilizarse una geometría simple, como una masa de tejidos cúbica, siempre que las cantidades dosimétricas calculadas tengan valores de prudencia en relación con las directrices de exposición.

8. Para los pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$. Además, en lo que se refiere a las exposiciones pulsátiles, en la gama de frecuencia de 0,3 a 10 GHz y en relación con la exposición localizada de la cabeza, se recomienda una restricción básica adicional para limitar y evitar los efectos auditivos causados por la extensión termoelástica. Esto quiere decir que la SA no debe sobrepasar los 2 mJ kg^{-1} como promedio calculado en 10 g de tejido.

▼B

ANEXO III

NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las cantidades medidas. El respeto de todos los niveles de referencia recomendados asegurará el respeto de las restricciones básicas.

Si las cantidades de los valores medidos son mayores que los niveles de referencia, eso no quiere decir necesariamente que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En este caso, debe efectuarse una evaluación para comprobar si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección. En los cuadros 2 y 3 figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, éstos están pensados como valores de promedio calculado espacialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo muy en cuenta que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizadas.

En determinadas situaciones en las que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos portátiles y con la cabeza del individuo, no es apropiado emplear los niveles de referencia. En estos casos debe evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada.

Niveles de campo

Cuadro 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m^2)
0-1 Hz	—	$3{,}2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10 000	$3{,}2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	—
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	—
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1{,}375\ f^{1/2}$	$0{,}0037\ f^{1/2}$	$0{,}0046\ f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

1. *f* según se indica en la columna de gama de frecuencia.
2. Para frecuencias de 100 kHz a 10 GHz, el promedio de S_{eq}, E^2, H^2, y B^2 ha de calcularse a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.
3. Para frecuencias superiores a 10 GHz, el promedio de S_{eq}, E^2, H^2 y B^2 ha de calcularse a lo largo de un período cualquiera de $68/f^{1{,}05}$ minutos (f en GHz).
4. No se ofrece ningún valor de campo E para frecuencias < 1 Hz, que son efectivamente campos eléctricos estáticos. La mayor parte de la gente no percibirá las molestas cargas eléctricas superficiales con resistencias de campo inferiores a 25 kV/m. Deben evitarse las descargas de chispas que causan estrés o molestias.

Nota:

No se indican niveles de referencia más altos para la exposición a los campos de frecuencia extremadamente baja (FEB) cuando las exposiciones son de corta duración (véase la nota 2 del cuadro 1). En muchos casos, cuando los valores medidos rebasan el nivel de referencia, no se desprende necesariamente que se

▼B

haya rebasado la restricción básica. Siempre que puedan evitarse los impactos negativos para la salud de los efectos indirectos de la exposición (como los microshocks), se reconoce que pueden rebasarse los niveles generales de referencia, siempre que no rebase la restricción básica relativa a la densidad. En muchas situaciones de exposición real, los campos FEB externos que se ajustan a los niveles de referencia inducirán en los tejidos del sistema nervioso central densidades de corriente inferiores a las restricciones básicas. También se reconoce que algunos aparatos habituales emiten campos localizados que rebasan los niveles de referencia. Sin embargo, esto ocurre generalmente en condiciones de exposición en las que no se rebasan las restricciones básicas debido al bajo acoplamiento entre el campo y el cuerpo.

En cuanto a valores de cresta, a la intensidad de campo E (V/m), la intensidad de campo H (A/m) y al campo B (μT) se les aplican los siguientes niveles de referencia:

— para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores de cresta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por $\sqrt{2}$ ($\sim$1,414). Para pulsos de duración tp, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$;

— para frecuencias de entre 100 Hz y 10 MHz, los valores de cresta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 10^{α}, donde $\alpha = \left[0,665 \log\left(f/10^5\right) + 0,176\right]$, f en Hz

— para frecuencias de entre 10 MHz y 300 GHz, los valores de referencia de cresta se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 32.

Nota:

Por regla general, en lo que se refiere a los campos pulsátiles y/o momentáneos de baja frecuencia, existen restricciones básicas que dependen de las frecuencias, así como niveles de referencia a partir de los cuales pueden establecerse evaluaciones de riesgo y directrices de exposición en relación con las fuentes pulsátiles y/o momentáneas. Un enfoque tradicional consiste en representar la señal pulsátil o momentánea de CEM como un espectro Fourier con sus componentes en cada gama de frecuencias, pudiendo así compararse con los niveles de referencia correspondientes a esas frecuencias. Para determinar el cumplimiento de las restricciones básicas también pueden aplicarse las fórmulas de adición en caso de exposición simultánea a campos de frecuencia múltiple.

Aunque se dispone de poca información sobre la relación existente entre efectos biológicos y valores máximos de campos pulsátiles, se sugiere que, en lo que se refiere a frecuencias que sobrepasan los 10 MHz, el promedio S_{eq} calculado en la anchura del pulso no debe ser mayor de 1 000 veces los niveles de referencia, o bien que las resistencias de campo no deben ser mayores de 32 veces los niveles de referencia de intensidad de campo. Para frecuencias de entre unos 0,3 GHz y varios GHz, y en relación con la exposición localizada de la cabeza, debe limitarse la absorción específica derivada de los pulsos para limitar o evitar los efectos auditivos causados por la extensión termoelástica. En esta gama de frecuencia, el umbral SA de 4-16 mJ kg^{-1} que es necesario para producir este efecto corresponde, para 30 pulsos Fs, a valores máximos SAR de 130 a 520 W kg^{-1} en el cerebro. Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen mediante interpolación desde la cresta multiplicada por 1,5 a 100 kHz hasta la cresta multiplicada por 32 a 10 MHz.

Corrientes de contacto y corrientes en extremidades

Para frecuencias de hasta 110 MHz se recomiendan niveles de referencia adicionales para evitar los peligros debidos a las corrientes de contacto. En el cuadro 3 figuran los niveles de referencia de corriente de contacto. Éstos se han establecido para tomar en consideración el hecho de que las corrientes de contacto umbral que provocan reacciones biológicas en mujeres adultas y niños vienen a equivaler aproximadamente a dos tercios y la mitad, respectivamente, de las que corresponden a hombres adultos.

Cuadro 3

Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores (f en kHz)

Gama de frecuencia	Corriente máxima de contacto (mA)
0 Hz-2,5 kHz	0,5
2,5 KHz-100 kHz	0,2 f
100 KHz-110 MHz	20

Para la gama de frecuencia de 10 MHz a 110 MHz se recomienda un nivel de referencia de 45 mA en términos de corriente a través de cualquier extremidad.

▼B

Con ello se pretende limitar el SAR localizado a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.

▼B

ANEXO IV

EXPOSICIÓN A FUENTES CON MÚLTIPLES FRECUENCIAS

En situaticones en las que se da una exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se sumen los efectos de estas exposiciones. Para cada efecto deben hacerse cálculos basados en esa actividad; así pues, deben efectuarse evaluaciones separadas de los efectos de la estimulación térmica y eléctrica sobre el cuerpo.

Restricciones básicas

En el caso de la exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, deberán cumplirse los siguientes criterios como restricciones básicas.

En cuanto a la estimación eléctrica, pertinente en lo que se refiere a frecuencias de 1 Hz a 10 MHz, las densidades de corriente inducida deben sumarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i = 1\ Hz}^{10\ MHz} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

En lo que respecta a los efectos térmicos, pertinentes a partir de los 100 kHz, los índices de absorción específica de energía y las densidades de potencia deben sumarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i = 100\ kHz}^{10\ GHz} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i > 10\ GHz}^{300\ GHz} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

donde

J_i es la densidad de corriente a la frecuencia i;

$J_{L,i}$ es la restricción básica de densidad de corriente a la frecuencia i, según figura en el cuadro 1;

SAR_i es el SAR causado por la exposición a la frecuencia i;

SAR_L es la restricción básica de SAR que figura en el cuadro 1;

S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i;

S_L es la restricción básica de densidad de potencia que figura en el cuadro 1.

Niveles de referencia

Para la aplicación práctica de las restricciones básicas deben aplicarse los siguientes criterios relativos a los niveles de referencia de las intensidades de campo.

En relación con las densidades de corriente inducida y los efectos de estimulación eléctrica, pertinentes hasta los 10 MHz, a los niveles de campo deben aplicarse las dos exigencias siguientes:

$$\sum_{i = 1\ Hz}^{1\ MHz} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i > 1\ MHz}^{10\ MHz} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

y

$$\sum_{j = 1\ Hz}^{150\ kHz} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j > 150\ kHz}^{10\ MHz} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

donde:

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i;

$E_{L,i}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico del cuadro 2;

H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j;

▼B

$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo magnético del cuadro 2;

a es 87 V/m y b es 5 A/m (6,25 μT).

Comparados con las directivas ICNIRP ([1]) que se ocupan al mismo tiempo de la exposición profesional y de la de los ciudadanos en general, los valores de corte en las sumas corresponden a las condiciones de exposición del público en general.

El uso de los valores constantes (a y b) por encima de 1 MHz en lo que respecta al campo eléctrico, y por encima de 150 kHz en lo que se refiere al campo magnético, se debe al hecho de que la suma está basada en densidades de corriente inducida y no debe mezclarse con las circunstancias de efectos térmicos. Esto último constituye la base para $E_{L,i}$ y $H_{L,j}$ por encima de 1 MHz y 150 kHz respectivamente, que figuran en el cuadro 2.

En relación con las circunstancias de efecto térmico, pertinentes a partir de 100 kHz, a los niveles de campo deben aplicarse las dos exigencias siguientes:

$$\sum_{i=100\ \mathrm{kHz}}^{1\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\ \mathrm{MHz}}^{300\ \mathrm{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100\ \mathrm{kHz}}^{150\ \mathrm{kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>150\ \mathrm{kHz}}^{300\ \mathrm{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}}\right)^2 \leq 1$$

y donde

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i;

$E_{L,i}$ es el nivel de referencia de campo eléctrico del cuadro 2;

H_j es la densidad de campo magnético a la frecuencia j;

$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de campo magnético derivado del cuadro 2;

c es $87/f^{1/2}$ V/m y d 0,73/f A/m.

Comparados asimismo con las directrices ICNIRP, algunos valores de coste sólo se han ajustado para la exposición de los ciudadanos en general.

Para la corriente de extremidades y la corriente de contacto, respectivamente, deben aplicarse las siguientes exigencias:

$$\sum_{k=10\ \mathrm{MHz}}^{110\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}}\right)^2 \leq 1 \qquad \sum_{n>1\ \mathrm{Hz}}^{110\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{I_n}{I_{C,n}}\right)^2 \leq 1$$

donde

l_k es el componente de corriente de extremidades a la frecuencia k;

$I_{L,k}$ es el nivel de referencia de la corriente de extremidades, 45 mA;

l_n es el componente de corriente de contacto a la frecuencia n;

$I_{C,n}$ es el nivel de referencia de la corriente de contacto a la frecuencia n (véase el cuadro 3).

Las anteriores fórmulas de adición presuponen las peores condiciones de fase entre los campos procedentes de múltiples fuentes. En consecuencia, las situaciones típicas de exposición pueden dar lugar en la práctica a unos niveles de exposición menos restrictivos de lo que indican las fórmulas correspondientes a los niveles de referencia.

([1]) Comisión Internacional sobre la protección contra la radiación no ionizante. Directrices para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable (hasta 300 GHz). Health Phys.; 74(4): 494-522(1998).
Respuesta a las preguntas y comentarios sobre la ICNIRP. Health Physics 75(4): 438-439 (1998).