

DIRECTRICES para evaluar
el **RIESGO** de
CONTAMINACIÓN
ELECTROMAGNÉTICA
en el trabajo

Campos electromagnéticos y salud

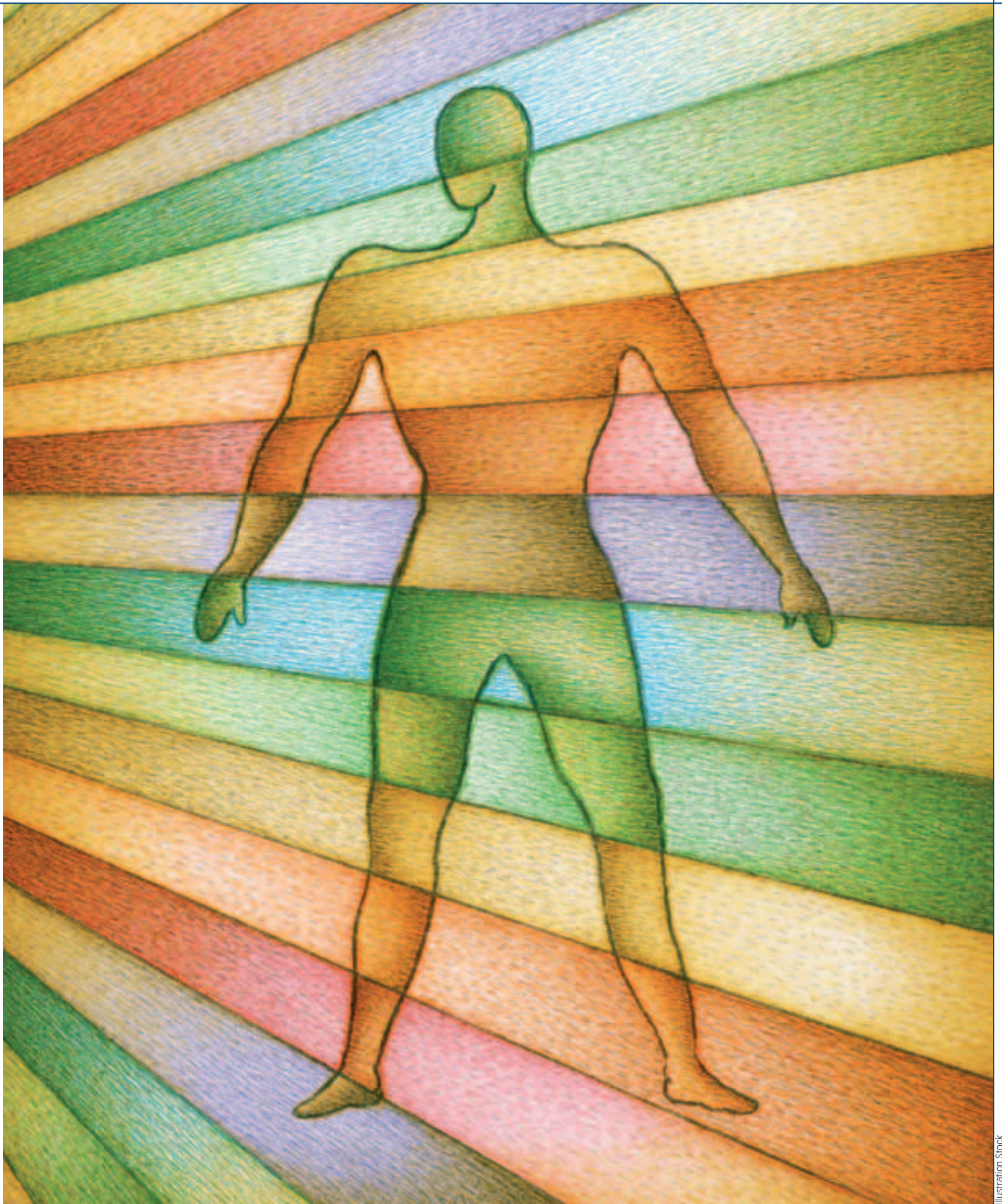
La problemática surgida por la hipersensibilidad hacia los posibles efectos nocivos sobre la salud de la exposición a radiación electromagnética sólo admite una solución a través del estudio cuantitativo de la radiación a la que se expone el trabajador. Este artículo pretende explicar el contexto en el cual los expertos han establecido unos niveles de referencia y unas restricciones básicas como valores límite a no sobrepasar, así como orientar al trabajador a la hora de evaluar el riesgo potencial derivado de la exposición a campos electromagnéticos.

Cuáles son los límites fijados por los expertos para la exposición

POR ADRIÁN QUESADA MICHELENA, MIGUEL ÁNGEL GARCÍA GARCÍA-TUÓN Y ANTONIO HERNANDO GRANDE (*)

La interacción electromagnética es una de las bases de la materia y de la vida. La fuerza electromagnética existente entre partículas cargadas es una de las cuatro fuerzas presentes en la naturaleza desde el origen del universo (junto con la nuclear fuerte, la nuclear débil y la gravitatoria), y quizás la más familiar en la escala humana ya que es la responsable de que electrones y protones se mantengan unidos formando los átomos y las moléculas, y condensándose en sólidos y macromoléculas.

La radiación electromagnética puede dividirse en dos grandes grupos: la radiación ionizante y la no ionizante. La radiación ionizante es aquella que, debido a su alta energía, es capaz →



de romper enlaces químicos y, por tanto, moléculas. Las no ionizantes son aquellas comprendidas entre los campos estáticos, de frecuencia igual a cero, y los de 300. No sólo es necesario que la energía de la radiación sea suficientemente elevada para producir daños, también tiene que ser suficiente el número de los fotones o la intensidad de esta radiación. Esta dependencia permite hablar de dosis de tolerancia o dosis de seguridad incluso para las radiaciones más energéticas.

La posibilidad de crear campos electromagnéticos artificiales ha incrementado considerablemente la cantidad de campos electromagnéticos presentes en nuestro entorno. La sociedad exige, con todo derecho, una información fiable sobre los efectos de estos campos. Esto ha motivado la reacción de los especialistas ante esta problemática con el rigor requerido. Conviene recordar en todo momento que la ciencia del electromagnetismo es una parte de la física cerrada y acabada. Es importante conocer esto para poder interpretar la interacción de los campos electromagnéticos con la vida. Cualquiera que sea el efecto creado por un campo sobre la naturaleza, es consecuencia de las fuerzas electromagnéticas perfectamente conocidas. La dificultad para entender y explicar sus efectos radica en la complejidad de los sistemas biológicos que constituyen la vida, y no en propiedades no conocidas de los campos.

Las recomendaciones de la ICNIRP

La ICNIRP, acrónimo en inglés de la Comisión Internacional para la Protección frente a la Radiación No Ionizante, es una comisión independiente formada por científicos de reconocido prestigio internacional cuyo único objetivo es

aportar información y consejo sobre los efectos de la radiación no ionizante sobre la salud a través del análisis de los estudios científicos ya existentes. Los expertos de la ICNIRP han establecido una serie de restricciones básicas y niveles de referencia de intensidad de radiación electromagnética para cada frecuencia que no deben ser sobrepasados para tener la certeza de evitar los efectos nocivos comprobados. Introduciendo enormes márgenes de seguridad se abarcan implícitamente los posibles efectos a largo plazo en caso de existir.

Estos valores límite son más restrictivos para el público en general que para los trabajadores (población ocupacional).

Bases científicas de la limitación a la exposición

Únicamente los efectos sobre la salud comprobados han sido utilizados como base para establecer las limitaciones. La posible inducción de cáncer por efectos a largo plazo de los campos electromagnéticos no ha sido considerada. Las recomendaciones están basadas en efectos a corto plazo, de impacto inmediato sobre la salud, como, por ejemplo, la estimulación de los nervios periféricos y de los músculos, contusiones y quemaduras causadas por el contacto con un objeto conductor y elevadas temperaturas en los tejidos por exposición a radiación electromagnética. En el caso de los efectos a largo plazo, como el cáncer, la ICNIRP considera que no existen datos suficientes que provean de una base para establecer limitaciones.

■ Interacción con campos eléctricos de baja frecuencia

Los campos eléctricos externos al cuerpo humano inducen una carga superficial, aparecen corrientes inducidas, dipolos eléctricos y reorientación

La sociedad exige, con todo derecho, una información fiable sobre los efectos de los campos electromagnéticos



Illustration Stock

La ICNIRP ha establecido restricciones y niveles de referencia de intensidad de radiación electromagnética que no deben sobrepasarse para evitar los efectos nocivos comprobados

de dipolos ya presentes en los tejidos. Las magnitudes relativas de estos efectos dependen de las propiedades eléctricas del cuerpo, de las condiciones de exposición, del tamaño y forma del cuerpo, y de la posición del mismo respecto del campo.

■ **Interacción con campos magnéticos de baja frecuencia**

Esta interacción produce corrientes eléctricas y campos eléctricos inducidos. Sus magnitudes dependen de la conductividad eléctrica de los tejidos y de la tasa de cambio de la densidad de flujo magnético.

■ **Absorción de energía de los campos electromagnéticos**

La exposición a campos electromagnéticos con frecuencia por encima de 100 kHz puede conllevar una importante absorción de energía y aumento de la temperatura. La distribución de esa energía debe ser calculada mediante estudios dosimétricos. Dependiendo de la frecuencia y de si estamos en condición de campo cercano o campo lejano, los efectos cambian, el índice de absorción específica y la densidad de potencia de la onda son los factores a medir según los casos.

■ **Efectos indirectos**

Se derivan del contacto entre el cuerpo y un objeto cargado. Las corrientes que se generan en el cuerpo dependen de la frecuencia, de la forma del objeto y de la persona.

■ **Bases biológicas de las limitaciones (hasta 100 kHz)**

El mecanismo más importante de interacción en estos casos es la inducción de corrientes en los tejidos. Se han analizado estudios epidemiológicos sobre el riesgo de efectos sobre el embarazo

de la exposición (malformaciones, abortos espontáneos), no encontrándose una relación entre la exposición ocupacional y efectos nocivos. La posibilidad de una relación entre exposición a campos electromagnéticos y un elevado riesgo de cáncer ha creado mucha controversia. Diversos estudios relacionan la aparición de leucemia en niños con la cercanía de una línea de alta tensión, algunos no encuentran ninguna relación directa y otros postulan que las líneas de alta tensión estén afectando a algún otro agente cancerígeno todavía desconocido. La cantidad de individuos sobre los que se hace el estudio epidemiológico no es suficiente como para llegar a una conclusión. Se han realizado estudios de este tipo también entre trabajadores de instalaciones eléctricas y la posible relación con diversos tipos de cáncer con la exposición a radiación a lo largo de su jornada laboral. La evaluación de la ICNIRP de toda la literatura existente lleva a la conclusión de que la investigación epidemiológica sobre la exposición a radiación electromagnética y cáncer no es suficientemente consistente como para formar una base científica en la determinación de limitaciones.

Asimismo se han analizado estudios de laboratorio, tanto en voluntarios como en animales. No existe evidencia de efectos cancerígenos sobre la salud de los campos. En voluntarios se detectó la aparición de fosfenos visuales y una pequeña disminución del ritmo cardíaco. No hay evidencia de que estos efectos transitorios impliquen efectos a largo plazo.

■ **Bases biológicas de las limitaciones (entre 100 kHz y 300 GHz)**

La evidencia experimental demuestra que una exposición de 30 minutos a radiación electromagnética capaz de generar un S.A.R de 1 W/kg puede dar

lugar a un aumento en la temperatura de los tejidos de 1° C. Este aumento en la temperatura puede dar lugar, dependiendo de la persona y de la parte del cuerpo, a daños irreversibles. La ICNIRP adopta un valor para la exposición de la población ocupacional de 0,4 W/kg, valor que provee un amplio margen de seguridad. El estudio con voluntarios lleva a la misma conclusión: los daños en los tejidos empiezan a tener lugar para aumentos de temperatura de más de 1° C.

De nuevo los estudios epidemiológicos no aportan ninguna conclusión clara sobre los efectos en el embarazo y el cáncer de esta radiación.

Los efectos científicamente desconocidos constituyen el objeto de numerosas investigaciones. Se debe adoptar una actitud de cautela, sin regatear precauciones, pero no de alarma social infundada. Este desconocimiento proviene de la enorme complejidad de los detalles físico-químicos de la vida y nunca a propiedades ocultas de los campos electromagnéticos.

Las restricciones básicas y los niveles de referencia

En la determinación de los factores de seguridad se tuvo en consideración la posibilidad de la exposición a campos electromagnéticos en condiciones ambientales severas (alta temperatura por ejemplo) y la potencial mayor sensibilidad de ciertos sectores de la sociedad (niños, ancianos, etc...).

Las restricciones básicas a la intensidad de la radiación son un conjunto de valores límite para cada frecuencia que están basados en evitar los efectos nocivos de los campos en la salud conocidos, e incluyen amplios márgenes de seguridad con el fin de evitar también en la medida de lo posible los efectos a largo plazo. Están destinadas a prevenir efectos en el sistema nervioso y a evitar →

Minimizar el tiempo de exposición a la radiación y alejarse lo más posible del emisor, principales medidas a tomar ante una situación de riesgo potencial por exposición a radiación

el excesivo calentamiento local de tejidos. Dependiendo de la frecuencia, las magnitudes físicas utilizadas para definir estas restricciones son densidad de corriente (J), el índice de absorción específica (SAR) y densidad de potencia (S). La protección frente a efectos nocivos de los campos electromagnéticos implica que no se sobrepasen estas restricciones.

Por otro lado, los niveles de referencia son dados para ser comparados con magnitudes físicas medidas. Están extrapolados de las restricciones básicas en los casos en los que la interacción entre el cuerpo y la radiación es máxima. Los niveles de referencia son, pues, más restrictivos que las restricciones básicas, y sobrepasar los niveles de referencia no implica necesariamente que se sobrepasen las restricciones básicas. En las figuras 1 y 2 mostramos los niveles de referencia para campo magnético y eléctrico para todo el rango de frecuencias.

El enorme acierto del documento de la ICNIRP es plantear el verdadero núcleo del problema: determinar cuan-

titativamente los niveles de seguridad para cada frecuencia respecto a los efectos comprobados.

La cuestión de la influencia de los campos sobre la salud sólo admite de modo serio y riguroso una respuesta cuantitativa que delimite los valores de intensidad de radiación de cada intervalo de frecuencias en función de los efectos nocivos comprobados (Figuras 1 y 2).

La recomendación del Consejo de la Comunidad Europea

Motivado por la lucha frente a los posibles efectos nocivos de las radiaciones no ionizantes, 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.

Asesorada por la ICNIRP y sus recomendaciones, y respaldada por el comité científico director de la Comisión, esta última llevó a cabo la Recomendación del Consejo del 12 de julio de 1999, rela-

tiva a la exposición del público en general a los campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).

En ella, la Comisión adopta los niveles de referencia y las restricciones básicas que recomienda la ICNIRP como valores a no ser sobrepasados.

Es destacable que la recomendación del Consejo cita explícitamente que sólo se han tenido en cuenta efectos de los campos sobre la salud comprobados, y que la recomendación deberá ser revisada cada cierto tiempo según vayan apareciendo nuevos estudios científicos.

El Real Decreto 1066/2001

En el año 2001, el 28 de septiembre, aparece en España el Real Decreto 1066/2001, que tiene el mismo objetivo que la recomendación del Consejo Europeo: adoptar medidas para la protección sanitaria de la población frente a las radiaciones electromagnéticas.

Siguiendo, pues, la recomendación de la Unión Europea, el Gobierno español aprobó el Real Decreto 1066/2001, que también adopta los valores de niveles

FIGURA 1

Niveles de referencia del campo eléctrico en función de su frecuencia

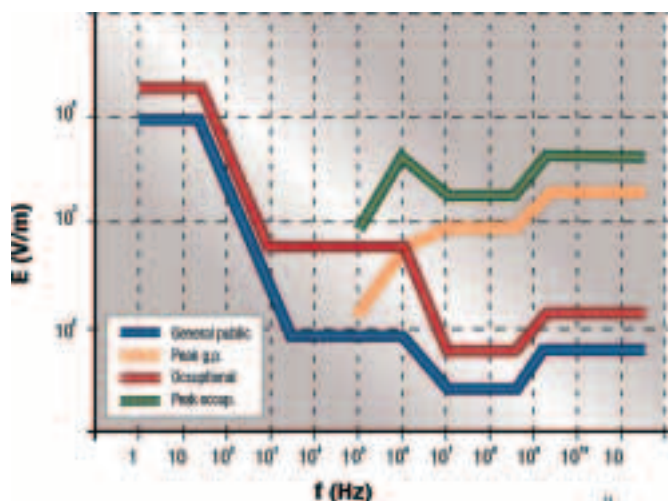
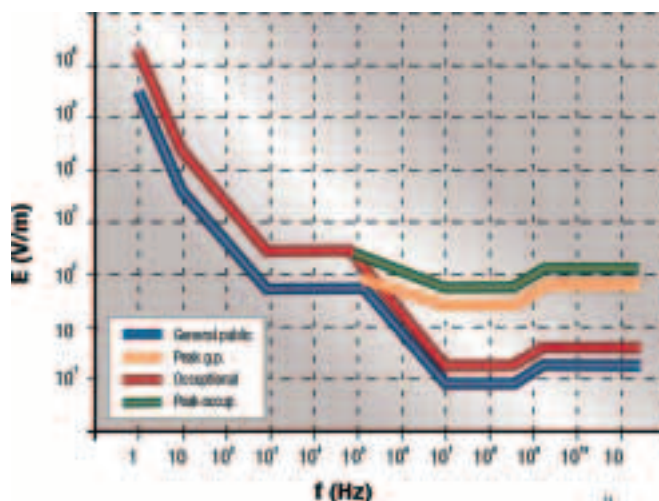


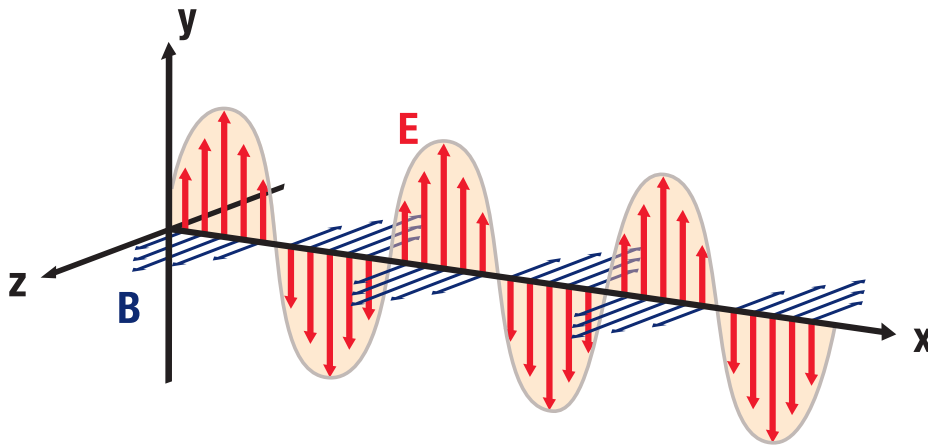
FIGURA 2

Niveles de referencia del campo magnético en función de su frecuencia



■ FIGURA 3

Esquema del campo magnético y eléctrico de una onda plana



de referencia y restricciones básicas que no deben ser sobrepasados.

Evaluación de los riesgos asociados a la radiación no ionizante

Se pretende dar algunas herramientas que permitan evaluar los niveles de contaminación electromagnética a los que pueden estar expuestos ciertos trabajadores, y estimar si existe o no un riesgo potencial.

Conocer los campos electromagnéticos producidos por distintos elementos radiantes requiere de cálculos relativamente complicados. Para cada caso, el resultado depende mucho de la geometría del elemento radiante y de su distribución de carga, lo cual hace que la mayoría de las veces una medida del campo eléctrico o del magnético en el punto deseado sea la manera más directa y sencilla de evaluar la intensidad de la radiación. Aun así, en ciertas situaciones la evaluación de la intensidad de la radiación puede ser algo más sencilla. En este apartado se mostrará cómo evaluar la radiación electromagnética creada por un emisor de radiación isótropo y por una línea de alta tensión. Asimismo, se darán una serie de recomendaciones de forma que los trabajadores sepan qué magnitudes y qué información resulta relevante a la hora de evaluar los niveles de posible contaminación electromagnética a los que están expuestos.

La aproximación de onda plana

En una zona próxima al elemento radiante, el cálculo de la intensidad de los campos electromagnéticos se torna aún más complicado, de ahí que se defina como condición de campo lejano (o aproximación de onda plana) la situación en la cual nos encontramos lo suficientemente lejos del emisor como para considerar que la onda electromagnética es una onda plana (aproximación de onda plana), lo cual facilita los cálculos. Aun así, los formalismos matemáticos que justifican esa condición requieren la resolución de las ecuaciones de Maxwell y son complicados.

Las recomendaciones de la ICNIRP consideran que sólo se puede considerar esta aproximación para frecuencias superiores a 10 MHz, y se estima que se cumple la condición de campo lejano a una distancia superior a 3λ del emisor (siendo λ la longitud de onda). A modo de ejemplo, para una frecuencia de 10 MHz la condición se cumpliría para distancias al emisor superiores a 90 m. Para el caso del apartado 2.2. teníamos un equipo radiando a 2.458 MHz. Para esa frecuencia, la aproximación de onda plana se cumpliría para distancias al emisor superiores a 36 cm, es decir, que para todas las medidas estaríamos cumpliendo la condición de campo lejano (Figura 3).

Campo creado por un emisor isótropo

Un emisor isótropo es un elemento radiante que emite de manera uniforme en todas las direcciones del espacio. Siempre que estemos a una distancia suficiente como para cumplir la condición de campo lejano, a una distancia r del emisor, la energía electromagnética se distribuye uniformemente a lo largo de un área de $4\pi r^2$. Conociendo, pues, la potencia de emisión (o bien utilizando la potencia de consumo, en cuyo caso obtendríamos una cota superior al nivel de radiación), se puede obtener la densidad de potencia por unidad de superficie. Dividiendo este valor por 70 kg y multiplicando por 1 m^2 obtendríamos un valor del S.A.R. de cuerpo entero en un punto a una distancia r del emisor.

Sirva como ejemplo una bombilla radiando de manera isótropa a una potencia de emisión de 50 W . La densidad de potencia sería, pues, a una distancia de 3 metros, por ejemplo:

$$I = 50 / 4\pi (3\text{ m}) = 0,442\text{ W/m}^2$$

dividiendo entre 70 kg y multiplicando por 1 m^2 (aproximaciones de la ICNIRP) obtenemos, S.A.R. = $0,442 / (70 \times 1\text{ m}^2) = 0,006\text{ W/kg}$

Es importante recordar que este sencillo cálculo sólo es válido cuando el emisor emite de manera isótropa. Para cualquier otro caso, la geometría del elemento radiante y la geometría de la radiación son factores cruciales a la hora de determinar los niveles de radiación electromagnética, y es absolutamente necesario conocerlas bien para poder realizar los cálculos.

Campo creado por una línea de corriente

Este apartado puede resultar útil a la hora de estimar el campo magnético que crea una línea de corriente, como, por ejemplo, una línea de alta tensión. Sin entrar en el detalle matemático, nos ceñiremos a dar la expresión del campo magnético B creado por un conductor largo rectilíneo que transporta una corriente a una distancia R del mismo.

$$B = \mu_0 I / 2\pi R$$

siendo I la corriente que transporta →

el conductor, R la distancia perpendicular desde el conductor al punto deseado, y μ_0 la permitividad magnética en el vacío. Las líneas de campo magnético creadas por el conductor son tangentes a un círculo de radio R alrededor del conductor. Conociendo, pues, la intensidad que circula por la línea de corriente y la distancia en perpendicular a la cual nos encontramos de la misma, podemos estimar un valor del campo magnético en el punto deseado.

Crterios en la evaluación de riesgos por exposición a campos electromagnéticos

Como hemos comentado con anterioridad, la evaluación de la intensidad de la radiación electromagnética no es un problema trivial. Muy a menudo, el cálculo de los campos electromagnéticos resulta muy complicado y la única forma de evaluar la intensidad de la radiación es midiendo el campo eléctrico o el magnético en el punto deseado. Este artículo pretende dar algunas directrices generales a la hora de encarar el problema de la evaluación del riesgo de contaminación electromagnética, pero sin perder nunca de vista que los análisis cualitativos deben servir únicamente para dar una limitada orientación sobre el problema, y que sólo el análisis cuantitativo que incluya la medida de magnitudes físicas debe ser relevante y tenido en cuenta a la hora de afrontar el problema. Es por esto que recomendamos que, siempre que exista alguna duda sobre el nivel de exposición a campos electromagnéticos al que puedan estar sometidos los trabajadores, se mida con el rigor necesario la radiación electromagnética en el punto deseado.

Teniendo esto en cuenta, una de las cuestiones más importantes en esta problemática, radica en la necesidad de que los trabajadores que pasan su jornada laboral cerca de elementos radiantes, ya sean técnicos encargados de manejar aparatos susceptibles de radiar con cierta intensidad o personas que ocupen puestos de trabajo que están físicamente cerca de elementos radiantes (antenas de radio, móviles, transformadores de corriente,



Los valores recomendados por la ICNIRP como límites a no sobrepasar incluyen enormes márgenes de seguridad

metro, etc...), tengan acceso a una información fiable y clara sobre los potenciales riesgos a los que pueden estar expuestos y sobre los criterios más importantes a la hora de evaluar ese riesgo.

Las recomendaciones de la ICNIRP

La mejor manera de informar en un primer momento sobre la problemática de la exposición a radiación electromagnética es a través de las recomendaciones de la ICNIRP². Siendo un claro ejemplo de divulgación científica, están dirigidas a todo tipo de públicos, y dan una visión rigurosa, precisa y clara sobre cómo enfocar el problema. Es una fuente de información indispensable para cualquier persona interesada o implicada en la problemática en cuestión.

Magnitudes físicas

Como ya fue comentado en la introducción, el tema de los posibles efectos nocivos de la radiación electromagnética sólo admite una respuesta rigurosa y seria a través de un análisis cuantitativo. Los niveles de referencia y las restricciones básicas dados por los expertos reflejan que el problema de los campos electro-

magnéticos y la salud no es más que un problema de dosimetría. Con esto en mente, no es necesario resaltar que el núcleo de la cuestión son las magnitudes físicas relacionadas con el electromagnetismo y los valores que puedan alcanzar.

La frecuencia de la radiación electromagnética que se desea estudiar es la primera información necesaria. La frecuencia es la que determina la energía de la onda electromagnética. La interacción entre los campos electromagnéticos y el cuerpo humano depende drásticamente de la frecuencia de la onda electromagnética en cuestión, y por ello es necesario que los trabajadores o la gente interesada en evaluar el posible riesgo de contaminación electromagnética conozcan esta información.

La potencia a la que emite el elemento radiante es otro de los factores determinantes de la intensidad de la radiación. Como ya fue comentado en la introducción, la posible nocividad de una radiación no viene únicamente determinada por su energía, es decir, su frecuencia, sino también por el número de fotones, esto es, la intensidad de esa radiación. La potencia es directamente proporcional a la intensidad.

Los trabajadores deben tener muy en cuenta siempre el tiempo durante el cual están expuestos en su jornada laboral a las emisiones electromagnéticas de los aparatos en los que estén interesados. Para frecuencias superiores a 100 KHz, la ICNIRP recomienda tomar datos de intensidad de radiación a lo largo de seis minutos y promediar en ese tiempo la magnitud deseada. Ese valor promedio es el que hay que comparar con los niveles de referencia y las restricciones básicas. Por lo tanto, reduciendo todo lo posible el tiempo de exposición a la radiación se reducen drásticamente los posibles riesgos por la exposición.

Otro factor que puede ser fácilmente controlable es la distancia al emisor. En efecto, y como puede comprobarse en el apéndice, la intensidad del campo electromagnético decrece con el cuadrado de la distancia. Es decir, que al alejarnos de la fuente radiante la intensidad de la radiación decrece muy rápidamente.

Minimizar, por tanto, el tiempo de exposición a la radiación y estar el mayor tiempo posible todo lo alejado que la situación lo permita del emisor son las primeras medidas que deben tomarse ante una situación de riesgo potencial por exposición a radiación electromagnética. Tener nociones cuantitativas sobre los niveles de referencia y las restricciones básicas, así como conocer las recomendaciones de la ICNIRP, son aspectos relevantes también desde el punto de vista del trabajador. Nos parece interesante plantear a los trabajadores la posibilidad de realizar un cuestionario sobre la información que poseen acerca de estas cuestiones. Mostramos a continuación una proposición de cuestionario.

■ Cuestionario para los trabajadores cuando el riesgo laboral viene determinado por un agente que emite radiación electromagnética

1. ¿Qué tipo de agente es el responsable del riesgo? (antena de radio, telefonía móvil, equipo de trabajo radiante, etc...)
2. ¿Cuál es el tiempo de exposición a esa radiación?
3. ¿A qué distancia se sitúa el trabajador durante esa exposición?
4. ¿Qué información tiene sobre el elemento radiante?
5. ¿Cuál es la potencia de emisión?
6. ¿Cuál es la frecuencia de la radiación?
7. ¿Está el trabajador debidamente formado/informado?
8. ¿Existe algún tipo de medida preventiva?
9. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿es el riesgo aceptable, no aceptable, indeterminado?
10. Si el riesgo es inaceptable o indeterminado, ¿qué medidas se proponen?

Conclusión

Desde que a comienzos del siglo XX el ser humano es capaz de producir artificialmente campos electromagnéticos, la sociedad ha estado preocupada por la interacción de esos campos y la creciente densidad de energía electromagnética a nuestro alrededor con nuestra salud. El delicado equilibrio natural en el que se sostiene la existencia de la vida requiere que se enfoque esta preocupación desde el punto de vista de dosis, de niveles de intensidad de la radiación electromagnética necesarios, inocuos o nocivos para nuestra salud.

Existe hoy en día una presión social fundada en la hipersensibilidad hacia los posibles efectos nocivos sobre la salud de la exposición a campos electromagnéticos. Esta hipersensibilidad se genera en torno a una serie de artículos científicos de carácter epidemiológico y más acusadamente en la traducción de estos artículos realizada por personas a veces desinformadas. El alarmismo con el que ciertas interpretaciones personales, al margen del más elemental rigor científico, se han hecho públicas, ha elevado el grado de confusión de la sociedad respecto de esta problemática.

Los valores recomendados por la ICNIRP, recogidos tanto en la recomendación del Consejo Europeo como en la legislación española, como límites a no ser sobrepasados incluyen enormes márgenes de seguridad; la comprobación de que la intensidad de la radiación electromagnética con la que convivimos en nuestros trabajos está por debajo de esos niveles nos permite afrontar esta cuestión con toda la tranquilidad posible.

□ Autores

Antonio Hernando Grande

Catedrático de Magnetismo de la Universidad Complutense de Madrid. Es fundador y director del Instituto de Magnetismo Aplicado desde 1989. Ha dedicado su trabajo a la investigación básica, donde se ha centrado en diversas áreas del magnetismo (materiales nanocristalinos, magnetostricción, sensores magnéticos, etc...), así como en los efectos de los campos electromagnéticos en la salud y el uso de materiales y campos magnéticos en aplicaciones biomédicas. Es doctor 'honoris causa' de la Universidad del País Vasco, miembro de la Real Academia Española de las Ciencias y ha recibido recientemente la medalla de oro de la Real Sociedad Española de Física.

Adrián Quesada Michelena

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid desde 2003. Está realizando la tesis doctoral sobre materiales magnéticos en el Instituto de Magnetismo Aplicado.

Miguel Ángel García García-Tuñón

Doctor en Ciencias Físicas. Actualmente desarrolla su actividad investigadora en el Instituto de Magnetismo Aplicado, y centra su trabajo en el estudio de nuevos materiales magnéticos para aplicaciones en biomedicina y spintrónica.

□ Para saber más

Campos electromagnéticos medioambientales, Antonio Hernando Grande, Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Esp), Vol 99, Nº. 1, pp 101-111, 2005.

International Commission on non-ionizing radiation Protection. I.C.N.I.R.P., Gui-

delines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 75 (4), 442

Recomendación del Consejo, de 12 de Julio de 1999, relativa a la exposición del público en gene-

ral a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz.

Diario de Sesiones de las Comunidades Europeas, de 30 de julio de 1999, L199/59

BOE

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, disposición 18256.