

Campo eléctrico y magnético: campo electromagnético.

El transporte, la transformación y la utilización de energía eléctrica llevan implícito el movimiento continuo de cargas eléctricas a lo largo de conductores que forman parte integrante de las líneas de transporte, los equipos de transformación y las máquinas eléctricas.

La mera presencia de dichas cargas eléctricas da lugar a la existencia de un campo eléctrico en las inmediaciones de las mismas y por ende de los conductores que las contienen. Este campo eléctrico no es sino el lugar o el espacio donde se ponen de manifiesto fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión de cargas.

Además el movimiento de estas cargas eléctricas origina la aparición de un campo magnético, esto es, de un espacio donde tienen lugar fenómenos de tipo magnético.

Así pues, la presencia de cargas eléctricas y el movimiento de estas da lugar a la existencia de campos eléctricos y magnéticos simultáneamente, y en tal situación se define el campo como electromagnético.

Dado que el cuerpo humano es conductor de la electricidad, es de esperar que su presencia en un campo eléctrico, magnético o electromagnético, da lugar a interacciones entre dicha energía radiante y la zona del cuerpo expuesta a la misma.

Afortunadamente la radiación electromagnética a la que nos referimos en esta ficha divulgativa no es ionizante y su efecto más primario es el de generar calor en las zonas del cuerpo donde se absorben. No obstante exposiciones elevadas pueden causar graves problemas en la salud de las personas expuestas.

Espectro electromagnético

Un parámetro muy significativo en la radiación electromagnética es la frecuencia o bien la longitud de onda que se deduce de la misma mediante la relación: $\lambda = c / f$, donde c es la velocidad de la luz, y f la frecuencia en hercios.

El espectro electromagnético correspondiente a la radiación no ionizante alcanza la frecuencia de 3×10^{15} Hz, o lo que es lo mismo, a la longitud de onda de 1×10^{-7} m.

En esta ficha divulgativa nos referiremos exclusivamente a frecuencias inferiores a 3 kHz y muy específicamente a la frecuencia de 50 Hz por ser esta la frecuencia utilizada en las líneas eléctricas de potencia industrial. Este último rango de frecuencia se denomina de frecuencia extremadamente baja y se indica por FEB o ELF. Quedan pues fuera del ámbito de esta ficha las ondas de radio, comunicaciones y radiación óptica que serán tratadas en sucesivas fichas divulgativas.

Unidades de medida

El campo eléctrico se define como la fuerza que actúa sobre la unidad de carga pero en la práctica se utiliza el voltio por metro: $E = V / m$.

El campo magnético se expresa en Teslas o en Gauss. Ambos representan la densidad de flujo magnético, B , y expresan la fuerza que ejerce el campo magnético sobre una carga que se mueve con una velocidad y en una determinada dirección.

Igualmente el campo magnético se puede expresar mediante la excitación magnética H . La relación entre B y H es constante para un mismo medio: $B = \mu \times H$.



Trabajos con riesgo de exposición a campos electromagnéticos

En general todos aquellos trabajos que se realizan con el auxilio de la energía eléctrica o en presencia de esta, pueden potencialmente suponer una fuente de exposición a campos electromagnéticos de mayor o menor intensidad.

La siguiente relación no exhaustiva, pone de manifiesto cuales son las principales tareas, actividades o zonas, donde puede existir exposición a campos electromagnéticos:

- _ Bajo líneas aéreas de alta tensión o en las inmediaciones de estas.
- Trabajos con equipos de soldadura eléctrica
- Centros de transformación de energía eléctrica y anexos.
- Hornos de fundición de metales por inducción.
- Utilización de maquinaria eléctrica, bien sea fija o móvil
- Uso de herramientas eléctricas manuales

Como ya se ha indicado, la utilización de energía eléctrica da siempre lugar a la existencia de campos eléctricos y magnéticos. No obstante es la intensidad de dichos campos la causa del riesgo para la salud y no la sola presencia de los mismos.

Daños causados por la exposición a campos eléctricos y magnéticos.

La referencia legislativa para la exposición a campos electromagnéticos en el ambiente laboral es la Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos), la cual aún no ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español.

Dicha Directiva indica que actualmente se considera necesario establecer medidas que protejan a los trabajadores de los riesgos asociados a los campos electromagnéticos, sin embargo la Directiva no aborda los efectos a largo plazo, incluidos los posibles efectos carcinogénicos de la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, sobre los cuales no hay pruebas científicas concluyentes que establezcan una relación de causalidad.

Así mismo ICNIRP, Comisión Internacional para la Protección de la Radiación no Ionizante, concluye que la información disponible es insuficiente para establecer la misma relación de causa efecto.

La Directiva se refiere al riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores debido a los efectos negativos a corto plazo causado por la circulación de corrientes inducidas y por la absorción de energía, así como por las corrientes de contacto. La corriente inducida puede afectar al sistema cardiovascular y al sistema nervioso central. Otros efectos como el calentamiento excesivo de los tejidos derivados de la tasa de absorción específica de energía SAR y de la densidad de potencia, se consideran para frecuencias muy superiores a las que nos ocupan en el rango de FEB o ELF.

Posibles efectos que denominamos indirectos son:

- la interferencia con equipos y dispositivos médicos electrónicos, incluidos marcapasos cardíacos y otros dispositivos implantados.
- proyección de objetos ferromagnéticos en campos suficientemente intensos.
- activación de dispositivos electrónicos
- incendios y explosiones resultantes de la ignición de materiales inflamables debidos a chispas causadas por campos inducidos, corrientes de contacto o descargas.

Valores límites de exposición

La Directiva 2004/40/CE, ya citada, dispone dos referencias para los valores límites. La primera de ellas son los valores límites propiamente dichos y la segunda los valores que dan lugar a una acción.

Los valores límites consideran la densidad de corriente inducida en el cuerpo expresada en miliamperios por metro cuadrado, la tasa de absorción específica de energía indicativa de la energía recibida por unidad de tiempo y de masa corporal y la densidad de potencia por unidad de superficie en metros cuadrados.

Todos estos parámetros, a excepción de la densidad de potencia, son de difícil medición.

Los valores límites que dan lugar a una acción establecen los valores de la intensidad de campo eléctrico, de campo magnético y de corriente de contacto, a partir de los cuales se han de emprender diferentes acciones. Los valores del campo eléctrico E y del campo magnético B o H son fácilmente medibles.

Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Inducción magnética, B(microTesla)	Corriente de contacto, I _c (mA)
0 - 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	1,0
1 - 8 Hz	20 000	$1,63 \times 10^5 / f$	$2 \times 10^5 / f$	1,0
8 - 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	1,0
0,025 - 0,82 kHz	50 / f	20 / f	25 / f	1,0

Valores que dan lugar a una acción (resumen)

Evaluación de la exposición a campos electromagnéticos.

El empresario deberá evaluar y, en caso necesario, medir o calcular los niveles de los campos electromagnéticos a que estén expuestos los trabajadores.

Cuando se superen los valores que dan lugar a una acción, el empresario evaluará y, en caso necesario calculará si se han superado los valores límites de exposición.

Según la referida Directiva, el empresario deberá disponer de una evaluación de los riesgos, y determinar las medidas que deban adoptarse, teniendo en cuenta las disposiciones encaminadas a evitar o reducir los riesgos y la información y formación de los trabajadores contenidas en la propia Directiva.



A fin de que se obtenga una primaria y simple visión de la relevancia de la exposición a campos electromagnéticos de muy baja frecuencia se ha de indicar que los valores de campo eléctrico E, y de campo magnético B, medidos en centros de transformación, bajo líneas aéreas de alta tensión, junto a maquinaria eléctrica fija y portátil y cuadros de maniobras, son generalmente muy bajos. Sin embargo las mediciones realizadas en las inmediaciones de las máquinas de soldadura eléctrica, hornos de fusión por inducción magnética y maquinaria con elevados consumos de corriente pueden alcanzar valores considerables. Es preciso conocer los valores de intensidad de campo E y B generados en cada situación laboral a efectos de establecer los métodos de control adecuados.

Sistemas de control y equipos de protección personal.

Teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control, los riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos deberán eliminarse o reducirse al mínimo.

Además se han de considerar los siguientes:

- otros métodos de trabajo que conlleven una exposición menor.
- elección de equipos de trabajo que generen menor intensidad de campos eléctricos y magnéticos.
- programas de mantenimiento adecuados
- limitación de la duración e intensidad de las exposiciones.

Los lugares de trabajo en los que los trabajadores puedan estar expuestos a campos electromagnéticos que superen los valores que dan lugar a una acción, se señalarán adecuadamente.

En general los campos electromagnéticos penetran fácilmente en cualquier material por lo que la barreras de tipo pantalla no suelen ser efectivas. Inicialmente es adecuado considerar el alejamiento de la fuente de emisión y la disminución de la intensidad de la misma.

Vigilancia de la salud

Con el fin de prevenir y diagnosticar lo más rápidamente posible cualquier efecto adverso para la salud debido a la exposición a campos electromagnéticos, deberá llevarse a cabo una adecuada vigilancia de la salud.

El empresario adoptará las medidas oportunas para que el equipo de vigilancia de la salud tenga fácil acceso a los resultados de la evaluación de riesgos.

En cualquier caso cuando se detecte una exposición que supere los valores límites de exposición, deberá procederse a un examen médico del trabajador de acuerdo con la legislación vigente.

Legislación y bibliografía

Directiva 2004/40/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004 y corrección de 2008.

ICNIRP: recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.

ICNIRP: guidelines on limits of exposure to static magnetic fields.