



RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

**RESUMEN SOBRE LOS
CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS
GENERADOS POR LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DE ALTA TENSIÓN**

Enero 2016



1.- INTRODUCCIÓN

Al contrario de lo que sucede con otras fuentes de energía (gas, petróleo, carbón...), la energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades. Toda la electricidad que se necesita en cada momento en hogares, escuelas, hospitales industrias, etc. tiene que producirse de forma simultánea en centros de generación; para ello se necesita un equilibrio complicado y permanente entre generación y consumo, y una red de transporte que distribuya esa electricidad por todo el país.

En España, al igual que en toda Europa occidental, la energía eléctrica que se produce en las centrales es transportada por toda la geografía a través de las líneas eléctricas conocidas habitualmente como “de alta tensión”, a 220.000 ó 400.000 voltios (220 ó 400 kV). En otros países, como Estados Unidos, Canadá, Rusia o Brasil se alcanzan 750 kV, y en Japón existe una línea eléctrica a 1.000 kV.

Las subestaciones eléctricas constituyen los nodos de la red de transporte, y su función consiste en distribuir la energía por cada línea en función de la generación y consumo de cada zona y transformarla a tensiones inferiores para alimentar a la red de media tensión, que es la que suministra a centros urbanos y grandes industrias.

Mediante un adecuado mallado de líneas y subestaciones de alta tensión que cubra todo el territorio se consigue una red de transporte de energía eléctrica segura y fiable, capaz de minimizar las pérdidas y garantizar el suministro a toda la población, aún en el caso de que se produzcan cortes en alguna línea.

Desde su creación en 1985 RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA gestiona y opera la red nacional de transporte de energía eléctrica, siendo la primera empresa en el mundo dedicada en exclusividad a dichas actividades; y desde 1998 se encarga también de la operación del mercado eléctrico español.

Red Eléctrica de España es consciente del interés e inquietud social que genera la posible incidencia de los campos eléctricos y magnéticos en la salud, por lo que sigue con detenimiento todos los estudios científicos que se llevan a cabo sobre este tema y procura mantener informada a la administración y a la opinión pública de sus resultados de forma honesta, mediante la publicación periódica de notas y folletos divulgativos.

Así pues, RED ELÉCTRICA trabaja día a día:

- permaneciendo atenta a todos los avances científicos,
- apoyando de forma activa la investigación,
- atendiendo las consultas del público,
- conociendo los valores que generan sus instalaciones,
- informando de forma abierta y honesta,
- liderando y formando parte de grupos de trabajo,
- organizando jornadas y congresos,
- colaborando con la Administración e Instituciones.



2.- CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

En física se denomina 'campo' a la zona del espacio donde se manifiestan fuerzas; por ejemplo, el campo gravitatorio sería la zona donde hay una fuerza gravitatoria, responsable de que los cuerpos tengan un determinado peso. Asimismo, un campo electromagnético es una zona donde existen campos eléctricos y magnéticos, creados por las cargas eléctricas y su movimiento, respectivamente.

Los campos electromagnéticos se dan de forma natural en nuestro entorno, y nuestro organismo está habituado a convivir con ellos a lo largo de nuestras vidas; por ejemplo, el campo eléctrico y magnético estático natural de la Tierra, los rayos X y gamma provenientes del espacio y los rayos infrarrojos y ultravioletas que emite el Sol, sin olvidarnos de que la propia luz visible es una radiación electromagnética.

Actualmente estamos sometidos también a numerosos tipos de campos electromagnéticos de origen artificial: radiofrecuencias utilizadas en la telefonía móvil, ondas de radio y televisión, sistemas antirrobo, detectores de metales, radares, mandos a distancia, comunicación inalámbrica y un largo etcétera.

Todos ellos forman parte del 'espectro electromagnético' y se diferencian en su frecuencia, que determina sus características físicas y, por lo tanto, los efectos biológicos que pueden producir en los organismos expuestos.

A muy altas frecuencias la energía que transmite una onda electromagnética es tan elevada que puede llegar a dañar el material genético de la célula —el ADN—, siendo capaz de iniciar un proceso cancerígeno; éste es el caso de los rayos X. A las radiaciones situadas en esta zona del espectro se les conoce como 'ionizantes'.

Sin embargo, el sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja (50 Hz, ó 60 Hz en países como Estados Unidos, lo que se denomina 'frecuencia industrial'), dentro de la región de las radiaciones no ionizantes del espectro, por lo que transmiten muy poca energía. Además, a frecuencias tan bajas el campo electromagnético no puede desplazarse (como lo hacen, por ejemplo, las ondas de radio), lo que implica que desaparece a corta distancia de la fuente que lo genera.

Al igual que cualquier otro equipo o aparato que funcione con energía eléctrica, las líneas eléctricas de alta tensión generan un campo eléctrico y magnético de frecuencia industrial. Su intensidad dependerá de diversos factores, como el voltaje, potencia eléctrica que transporta, geometría del apoyo, número de conductores, distancia de los cables al suelo, etc.

Las mediciones realizadas en las instalaciones de RED ELÉCTRICA proporcionan valores máximos —en el punto más cercano a los conductores— que oscilan entre 3-5 kV/m para el campo eléctrico y 1-15 μ T para el campo magnético en las líneas a 400 kV. Además, la intensidad de campo disminuye muy rápidamente a medida que aumenta la distancia a los conductores: a 30 metros de distancia los niveles de campo eléctrico y magnético oscilan entre 0,2-2,0 kV/m y 0,1-3,0 μ T respectivamente, siendo habitualmente inferiores a 0,2 kV/m y 0,3 μ T a partir de 100 metros de distancia.



En el caso de las líneas a 220 kV estos valores son inferiores, registrándose en el punto mas cercano a los conductores valores entre 1-3 kV/m para el campo eléctrico y 1-6 μT para el campo magnético. A 30 metros de distancia los niveles de campo eléctrico y magnético oscilan entre 0,1-0,5 kV/m y 0,1-1,5 μT , siendo generalmente inferiores a 0,1 kV/m y 0,2 μT a partir de 100 metros de distancia.

3.- EFECTOS EN LA SALUD

La preocupación por la salud humana y los factores que pudieran influir en ella han hecho que desde los años 60, pero sobre todo desde finales de los años 70, se hayan llevado a cabo multitud de estudios sobre si los campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones eléctricas suponen algún tipo de riesgo para la salud. En conjunto, las investigaciones sobre efectos biológicos de los campos electromagnéticos han generado más de 25.000 artículos científicos (datos de la Organización Mundial de la Salud) lo que posiblemente les convierte en el agente más estudiado de la historia. Estos estudios se han desarrollado principalmente en dos ámbitos: epidemiológico y biofísico.

3.1.- Aspectos epidemiológicos

La epidemiología estudia, aplicando métodos estadísticos, si existe algún tipo de asociación entre un determinado agente y una enfermedad; para ello se compara la incidencia de la enfermedad en grupos de personas expuestas al agente y grupos de personas no expuestas.

Algunos de los primeros estudios epidemiológicos parecían indicar la posibilidad de que las personas que residen cerca de líneas eléctricas de alta tensión tienen un mayor riesgo de contraer cáncer, y más concretamente leucemia infantil. Esto condujo a la realización de nuevos estudios con poblaciones mucho mayores y mejores metodologías de medida de la exposición y análisis de los resultados, con el objetivo de evaluar de forma mucho más precisa la verdadera incidencia en la salud.

Sin embargo, los estudios epidemiológicos realizados durante los últimos años concluyen de forma categórica que los campos eléctricos y magnéticos generados por las líneas eléctricas de alta tensión no suponen un riesgo para la salud pública, en particular no incrementan el riesgo de ningún tipo de cáncer.

Por la amplitud de la muestra y el rigor del método utilizado, debe destacarse el estudio realizado por el Registro Finlandés del Cáncer en 1996, cuyas conclusiones indican que no hay ninguna relación con leucemia, tumores cerebrales, linfomas, ni tampoco con la suma de todos los tipos de cáncer en adultos.

En cuanto al cáncer infantil, los estudios realizados por el Instituto Nacional del Cáncer de EE.UU. en 1997 y la Agencia del Cáncer de Canadá en 1999 muestran, tras exhaustivas investigaciones, que tampoco hay ninguna relación con leucemia o con cualquier otro tipo de cáncer infantil.



Por último, en diciembre de 1999 se publicaron los primeros resultados de un amplísimo estudio sobre las causas del cáncer infantil llevado a cabo en Gran Bretaña (UKCCS), cuyas conclusiones coinciden plenamente con los anteriores. Sir Richard Doll, el científico que descubrió la asociación entre tabaco y cáncer de pulmón, ha declarado como Presidente del Comité investigador del UKCCS:

"...este importante estudio proporciona una sólida evidencia de que la exposición a los niveles de campo magnético como los encontrados en Gran Bretaña no aumenta el riesgo de cáncer infantil".

3.2.- Aspectos biofísicos

A pesar de los exhaustivos estudios llevados a cabo, no se ha descubierto un mecanismo biofísico de interacción que pudiera explicar cómo unos campos de tan baja frecuencia e intensidad como los generados por las instalaciones eléctricas podrían producir efectos nocivos a largo plazo (enfermedades) en los seres vivos.

Los únicos efectos nocivos conocidos y comprobados de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial son los efectos a corto plazo (agudos) debidos a la densidad de corriente eléctrica que se induce en el interior de los organismos expuestos a campos electromagnéticos.

La densidad de corriente inducida por los campos de las instalaciones eléctricas de alta tensión está por debajo de la actividad eléctrica natural en el interior del cuerpo humano, que es debida a las pequeñas diferencias de tensión y corrientes eléctricas biológicas endógenas. Sin embargo, una elevada densidad de corriente inducida puede producir desde simples molestias, como cosquilleos en la piel o chispazos al tocar un objeto expuesto, hasta contracciones musculares y, en casos muy extremos, arritmias, extrasístoles y fibrilación ventricular; aunque siempre con niveles de campo muy superiores a los generados por las instalaciones eléctricas.

Todos estos efectos se producen únicamente en el momento de la exposición, cesando cuando disminuye el nivel de campo, y no tienen ninguna relación con enfermedades o efectos a largo plazo, de los que no existe evidencia científica alguna. Por esta razón, las principales normativas internacionales de seguridad sobre exposición a campos electromagnéticos se basan en limitar la densidad de corriente inducida.

Tras una evaluación exhaustiva se han descartado como fuentes de posibles enfermedades otros efectos conocidos, como la inducción de cargas superficiales, percepción de magnetofosfenos o corrientes de contacto al tocar objetos expuestos, etc.; así como otros efectos propuestos: incremento de temperatura por absorción de energía, rotura de enlaces químicos, alteraciones moleculares, procesos de resonancia, recombinación de radicales libres, incremento de la inhalación de contaminantes atmosféricos —por ejemplo, de gas radón—, interacción directa con partículas ferromagnéticas, etc.

En cuanto a las posibles afecciones a la salud, la experimentación biológica en el laboratorio, ya sea *in vitro* —exponiendo células y tejidos en cultivo a la acción de los



campos— o *in vivo* —sobre organismos completos—, ha descartado también la relación con el proceso carcinogénico, respuesta inmunitaria, fertilidad, reproducción y desarrollo, alteraciones del sistema cardiovascular, comportamiento, estrés, concentración de iones de calcio en la membrana celular, cambios en los niveles de la hormona melatonina de personas expuestas, etc.

En particular, se puede afirmar rotundamente que los campos electromagnéticos de frecuencia industrial no dañan de forma directa el material genético de las células —ADN— y que, por lo tanto, no producen malformaciones o cáncer.

4.- CONCLUSIONES DE ORGANISMOS CIENTÍFICOS

Actualmente la comunidad científica internacional está de acuerdo en que ***la exposición a los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión no supone un riesgo para la salud pública***. Así lo han expresado numerosos organismos científicos de reconocido prestigio en los últimos años; entre ellos cabe destacar:

- Instituto Francés de Salud e Investigación Médica (Francia, 1993)
- Academia Nacional de las Ciencias (Estados Unidos, 1996)
- Instituto Nacional del Cáncer (Estados Unidos, 1997)
- CIEMAT (España, 1998)
- Comité Científico Director de la Comisión Europea (Unión Europea, 1998)
- Ministerio de Sanidad y Consumo (España, 2001)
- Consejo Nacional de Protección Radiológica, NRPB (Reino Unido 2004)

Por ejemplo, el Comité Científico Director de la Comisión Europea, organismo científico neutral e independiente, declaró en junio de 1998 que:

"...la literatura disponible no proporciona suficiente evidencia para concluir que existan efectos a largo plazo como consecuencia de la exposición a campos electromagnéticos."

De especial relevancia para nuestro país es el informe técnico "*Campos electromagnéticos y salud pública*" elaborado por un Comité de Expertos reunidos por el Ministerio de Sanidad y Consumo y publicado en julio de 2001, en el que se llega a la siguiente conclusión:

"No puede afirmarse que la exposición a campos electromagnéticos dentro de los límites establecidos en la Recomendación del Consejo Europeo (1999/519/CE)... produzca efectos adversos para la salud humana. Por tanto, el Comité concluye que el cumplimiento de la citada recomendación es suficiente para garantizar la protección de la población"

Este mismo año la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) declaró que el campo magnético de frecuencia extremadamente baja es un "posible cancerígeno" para leucemia infantil, o categoría 2B. Esto está de acuerdo con las conclusiones del resto de organismos científicos, pues según IARC un



"posible cancerígeno" es un agente para el cual los estudios epidemiológicos (en personas) han observado una cierta asociación que no puede descartarse que se deba al azar, a sesgos o a factores de confusión, y que no ha sido confirmada en los estudios experimentales de laboratorio.

Así pues, IARC no considera que el campo magnético sea un "cancerígeno", como el alcohol, el tabaco o la carne procesada, ni un "probable cancerígeno", como los benzopirenos o la carne roja, categorías 1 y 2A respectivamente. Otros agentes catalogados como posiblemente cancerígenos son el café, la gasolina y trabajar en tintorerías, carpinterías o la industria textil.

Tanto la carne procesada como la carne roja han sido incluidas en octubre de 2015.

4.1.- Pronunciamentos Recientes

- Organización Mundial de la Salud, OMS (2007)

En 2007 publicó un Environmental Health Criteria [<http://www.who.int/peh-emf>]:

- Descarta la relación causa-efecto entre exposición a CEM de baja frecuencia y enfermedad alguna.
- Mantiene la clasificación de IARC.
- Considera que la guía de exposición de ICNIRP sigue siendo válida. Y no recomienda establecer niveles arbitrariamente bajos ni distancias mínimas.
- Recomienda adoptar medidas para reducir la exposición pero siempre que no supongan un gasto elevado.

- Código Europeo contra el Cáncer, IARC (2015)

Este conjunto de recomendaciones son el resultado de un proyecto coordinado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y co-financiado por la Comisión Europea.

La cuarta edición de este código europeo contra el cáncer publicado en noviembre de 2015 contiene una sección sobre las radiaciones ionizantes y no ionizantes. Sin embargo, se indica: "los tipos no ionizantes de radiación (los que tienen una energía insuficiente para ionizar moléculas) - incluyendo los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia extremadamente baja, así como los campos electromagnéticos de radiofrecuencia - no son una causa establecida de cáncer y por lo tanto no se abordan en las recomendaciones para reducir el riesgo de cáncer".

5.- NORMATIVA DE EXPOSICIÓN

Para prevenir los posibles efectos a corto plazo, varias agencias nacionales e internacionales han elaborado normativas de exposición a campos eléctricos y magnéticos. Actualmente la normativa internacional más extendida es la promulgada por ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante), organismo vinculado a la Organización Mundial de la Salud.

La Unión Europea, siguiendo el consejo del Comité Científico Director, se basó en ICNIRP para elaborar la *Recomendación del Consejo Europeo relativa a la*



exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), 1999/519/CE, publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas en julio de 1999. Su objetivo es únicamente prevenir los efectos agudos (a corto plazo) producidos por la inducción de corrientes eléctricas en el interior del organismo, puesto que no existe evidencia científica de que los campos electromagnéticos estén relacionados con enfermedad alguna.

Tras establecer diversos factores de seguridad, el Consejo de la Unión Europea **recomienda** como restricción básica para el público limitar la densidad de corriente eléctrica inducida a 2 mA/m^2 en sitios donde pueda permanecer bastante tiempo, y calcula de forma teórica unos niveles de referencia para el campo electromagnético de 50 Hz: **5 kV/m para el campo eléctrico y 100 μT para el campo magnético**. Si el nivel de campo medido no supera este nivel de referencia se cumple la restricción básica y, por lo tanto, la Recomendación; sin embargo, si se supera el nivel de referencia entonces se debe evaluar si se supera la restricción básica.

En la revisión de sus propias directrices que ICNIRP llevó a cabo en 2010, elevó el nivel de referencia para el campo magnético de 50 Hz para público en general de $100 \mu\text{T}$ a **200 μT** .

La política de RED ELÉCTRICA a este respecto consiste en cumplir con la normativa internacional existente, no entrando a discutir los resultados de los cientos de estudios que anualmente se publican, puesto que ninguno de los organismos científicos de reconocido prestigio que se han pronunciado a este respecto en los últimos años ha considerado necesario modificar sus conclusiones a la luz de los mismos. Sin embargo sí se realiza una labor de análisis y seguimiento de los estudios científicos, las publicaciones, normativas extranjeras y novedades que sobre los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial aparecen a nivel mundial, como se refleja en los boletines e informes periódicos que se elaboran en la empresa.

Como se indicó en el apartado 2, las líneas eléctricas aéreas de alta tensión no generan un campo magnético superior a $100 \mu\text{T}$, incluso en el punto más cercano a los conductores. Sin embargo, en circunstancias muy determinadas sí puede haber un campo eléctrico por encima de 5 kV/m justo debajo de los conductores de algunas líneas de 400 kV; sin embargo, el campo eléctrico es detenido por paredes y techos, por lo que sería prácticamente nulo en el interior de un inmueble.

En el interior del 'parque' de una subestación de 400 kV, es decir la zona donde está toda la aparatada eléctrica y el paso está restringido únicamente a trabajadores, los niveles de campo eléctrico y magnético pueden llegar a ser algo superiores a los generados por las líneas. Sin embargo, disminuyen aún más rápidamente al alejarnos, por lo que fuera de la subestación, en sitios accesibles al público, serán incluso inferiores a los que generan las propias líneas eléctricas de entrada y salida.

Por lo tanto, se puede afirmar que las instalaciones eléctricas de alta tensión cumplen la recomendación europea, pues el público no estará expuesto a campos electromagnéticos por encima de los recomendados en sitios donde pueda permanecer mucho tiempo. Las escasas situaciones puntuales donde se pueda exceder el valor recomendado de campo eléctrico se irán corrigiendo en el futuro.