

Los Campos Electromagnéticos en la salud humana

David Ricardo Martínez Hernández Código: 261931

Resumen—This job is about of the influence of the electro-magnetic field in the human health, base in recent investigations realize by the World Health Organization (WHO), with the IEEE and some jobs realized about matter, know the limits of the exposition, the artifacts more use in the everyday life and that generators of the electromagnetic fields, too describe also illnesses that persons can gain to cause of this fields although much of those studies no have optimums results, by oppose are very ambiguous and little specific.

Palabras clave—Campo Eléctrico (CE), Campo Electro-magnético (CEM), Campo Magnético (CM), Frecuencias extremadamente bajas (ELF), Exposición, Frecuencia, Radiación, Radiofrecuencia (RF).

I. INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos están compuestos por campos eléctricos y magnéticos.

Los **campos eléctricos** son producidos por las cargas eléctricas o por campos magnéticos variables en tiempo, cuando un cuerpo se carga eléctricamente determinan fuerzas y movimientos en las cargas que se encuentran en su entorno, si son del mismo signo se repelen, si son de diferentes signos se atraen, esta fuerza que se genera es la tensión eléctrica o el voltaje. El campo eléctrico se genera cuando existe una diferencia de potencial, es decir *el campo eléctrico es directamente proporcional al voltaje* sin importar si existe un flujo de electrones (o una corriente) e *inversamente proporcional a la distancia*, a mayor distancia menor campo eléctrico. Su intensidad se mide en voltios por metro V/m o kilovoltios por metro (kV/m).

Los **campos magnéticos** con producidos por el movimiento de cargas o por campos eléctricos variables en el tiempo, por lo cual se genera cuando fluye corriente eléctrica a través de un conductor. De manera similar al campo eléctrico, *el campo magnético es directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional a la distancia*. Se mide en amperios por metro (A/m), aunque suele expresarse en función de la inducción magnética que la produce, medida en teslas (T), militeslas (mT) o microteslas (μT), en algunos países se utiliza otra unidad denominada gauss (G) ($10,000G = 1T$, $1G = 100\mu T$, $1mT = 10G$, $1\mu T = 10mG$)¹.

Los **campos electromagnéticos** son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente, se propagan a la velocidad de la luz². Los campos electromagnéticos se clasifican de acuerdo a su frecuencia en:

- Los campos estáticos que tienen una frecuencia de $0 Hz$
- Frecuencia extremadamente bajas (ELF) que oscilan entre $30 Hz$ hasta los $300 Hz$

- Frecuencia intermedia (FI) que oscila entre $300 Hz$ hasta los $3 kHz$
- Radiofrecuencia (RF) que oscila entre $3 kHz$ hasta los $300 GHz$, se divide en:
 - VLF que oscila entre $3 kHz$ hasta $30 kHz$
 - LF que oscila entre $30 kHz$ hasta $300 kHz$
 - HF que oscila entre $300 kHz$ hasta $3 MHz$
 - VHF que oscila entre $30 MHz$ hasta $300 MHz$
 - UHF que oscila entre $300 MHz$ hasta $3 GHz$
 - SHF que oscila entre $3 GHz$ hasta $30 GHz$
 - EHF que oscila entre $30 GHz$ hasta $300 GHz$

Los campos electromagnéticos a los que el ser humano esta expuesto con mayor frecuencia son los **ELF**, los **FI** y algunas **RF**, entre los cuales se encuentran la telefonía móvil, emisiones de radio y televisión.

Algunas enfermedades que pueden producir los campos electromagnéticos están explicadas en otra sección.

II. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Para poder generalizar una tabla de exposición máxima, se debe dividir el grupo de personas en personas expuestas por actividades cotidianas y el publico en general. Estos tiempos de **máxima exposición** se encuentra en la TAB I.

Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de 8 Horas	10	500
Exposición del público en general hasta 8 Horas continuas	5	100

TABLA I: Valores limites de exposición a CEM [4]

Para no poner en riesgo a la población se debe hacer un estudio en el cual se evalúen los campos eléctricos a la mayor tensión de la instalación y la densidad de flujo magnético a la mayor corriente de operación, si al realizar los estudios los resultados superan los valores de la TAB I se deben tomar las medidas correspondientes.

III. ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR LOS CEM

III-A. Cáncer

No existen pruebas concretas de que la exposición ELF cause directamente daños en las moléculas a los seres vivos en especial al ADN, excepto los rayos ultravioleta, la luz UVB produce mutaciones en ADN visibles al instante no a largo plazo. Basándose en los criterios del **Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC)** se concluyo

¹Texto tomado de [7]

²Texto tomado de [7]

que los ELF debían considerarse como “**posible carcinógeno humano**”, siendo esta la clasificación más leve otorgada por el CIIC.

El CIIC tiene cinco denominaciones para la clasificación de los agentes carcinógenos:

- No clasificable
- Probablemente no carcinógeno para las personas
- Posible carcinógeno para las personas
- Probablemente carcinógeno para las personas
- Carcinógeno para las personas

III-B. Leucemia

Las investigaciones acerca del riesgo de contraer leucemia oscilan desde la posibilidad nula hasta la posibilidad fuertemente positiva, al analizarlos en forma conjunta los resultados muestran una débil probabilidad positiva, es decir estas investigaciones no poseen pruebas si al encontrarse en exposición a los CEM produce esta enfermedad.

III-C. Tumores del sistema nervioso

Un gran número de estudios realizados han dado como resultado que los rangos oscilan entre nulo y fuertemente positiva (al igual que la Leucemia), pero al juntarlos y analizarlos la causalidad no es posible.

III-D. Melatonina

Algunos investigadores han comunicado que la exposición a ELF puede suprimir la secreción de melatonina (*hormona vinculada a los ritmos de actividad diurna-nocturna*), se ha indicado que la melatonina podría proteger contra el cáncer de mama, de modo que su supresión podría contribuir a una mayor incidencia de esta enfermedad causada por otros agentes³.

III-E. Hipersensibilidad electromagnética

Algunas personas afirman tener “*Hipersensibilidad a los CEM*”, de manera inespecífica y ambigua describen dolores, cefales, letargo alteraciones del sueño, convulsiones y crisis epilépticas⁴.

III-F. Otras enfermedades

Las emisiones de RF en el ser humano producen un aumento en la temperatura corporal $> 1^{\circ}\text{C}$, este efecto también es producido por el calentamiento de alimentos en el horno microondas, hay una frecuencia inducida en el frotamiento molecular que es producido por resonancia, una inducción de frotamiento molecular en algunas zonas del **sistema nervioso**, especialmente en el **sistema límbico**, con el simple hecho que suba la temperatura corporal en 1, 2 o 3 grados en zonas como el **tálamo**, **epífnis**, **ganglios basales**, **hipotálamo**, o el **bulbo**, la frecuencia que funcionan resuenan con las estructuras del sistema límbico y con el sistema nervioso central, también puede afectar la retina y el nucleo nervioso auditivo.

IV. FUENTES DE CEM

IV-A. Fuentes naturales

Una de las más común y conocida forma de CE es por acumulación de cargas eléctricas en diferentes partes de la atmósfera causado por las tormentas eléctricas.

La tierra la cual genera el campo geomagnético el cual provoca el movimiento de la aguja en una brújula (apuntando al norte terrestre), algunos animales son sensibles a él y lo utilizan para orientarse.

Algunos animales poseen la capacidad de generar CE, algunos de ellos los utilizan para defenderse de los predadores o aturdir a las presas, algunos animales acuáticos tienen esa capacidad y realizan descargas de hasta 700 V y 10 A. Los tiburones tienen células muy sensibles a los cambios de CE, esa es otra forma en la que pueden cazar.

El cuerpo humano es una fuente de CE debido a que el sistema nervioso central, el corazón y los nervios periféricos funcionan por medio pequeños pulsos de voltaje y corriente, las neuronas son otra fuente natural de CE, la propagación de los impulsos nerviosos se transmiten por una diferencia de potencial entre una neurona y otra.

La **geopatía** es originada por roturas en el subsuelo por acumulaciones de aire en cavernas subterráneas o por agua subterránea siendo esta la más frecuente de todas, especialmente agua que acumulan en los niveles freáticos. El agua al deslizarse va produciendo carga electrostática, cuando los espacios freáticos son muy reducidos la fricción aumenta, a su vez aumenta la carga electrostática.

IV-B. Fuentes creadas por el hombre

Las principales fuentes de radiaciones electromagnéticas ionizantes son los equipos de rayos X, de radiación gamma y la resonancia magnética, especialmente son de uso medico⁵.

Las RF se generan por parte de algunos dispositivos, estos dispositivos son utilizados para transmitir información por medio de la radio, la televisión, los radares, teléfonos celulares, entre otros. También son utilizadas en los hornos de microondas, para la cocción rápida de los alimentos.

Las FI son generadas principalmente por las pantallas de computador, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad.

Las ELF están presentes en las instalaciones eléctricas residenciales e industriales, líneas de distribución y de transmisión, los artefactos eléctricos domésticos.

En el exterior se encuentran los radares, sistemas antirrobo, trenes y tranvías eléctricos, antenas de radio y televisión, antenas bases de telefonía móvil⁶.

V. RADIOFRECUENCIAS (RF)

³Texto tomado de la [7]

⁴Texto tomado de la [5]

⁵Texto tomado de [5]

⁶Texto tomado de [5]

V-A. Telefonía celular

La telefonía móvil hoy en día es algo muy común en el mundo, esta telefonía inalámbrica esta basada en la transmisión por RF por medio de antenas fijas o **estaciones de base**. Hay más de 1,4 millones de estaciones de base en todo el mundo y la cifra esta creciendo con la aparición de las tecnologías de tercera generación⁷.

El uso de teléfonos móviles se ha ido globalizando, en el mundo hay 4600 millones de contratos de telefonía móvil⁸, cuando el aparato se encuentra entre los 30 cm y 40 cm es decir al momento de realizar o recibir llamadas por medio del “manos libres”, al enviar mensajes de texto, navegar en Internet, no tienen la misma intensidad de campo que una persona que recibe o hace las llamadas a una distancia menor (El campo es inversamente proporcional a la distancia).

V-B. Televisión y radio

Existen dos formas para transmitir información por medio de la radio **amplitud modulada (AM)**, esta difusión es conveniente para transmitir a grandes distancias pero con poca calidad (bajas frecuencias) y la **frecuencia modulada (FM)**, esta difusión es utilizada para pequeñas distancias, pero con mejor calidad (altas frecuencias).

Las antenas de AM tiene una gran amplitud (cientos de metros), el lugar con mayor intensidad de exposición es a unos metros de las antenas, es decir afecta únicamente al personal de mantenimiento.

Las antenas de televisión y de FM son situadas en lo alto de torres altas, para que sirvan de base, como transmiten a distancias relativamente cortas son necesarias bastantes antenas, para cubrir todos los sitios es necesario colocar antenas de televisión y de FM en torres abiertas al público es necesario restringir esos lugares.

VI. FRECUENCIAS EXTREMADAMENTE BAJAS (ELF)

VI-A. Aparatos eléctricos

De acuerdo a la cantidad y tipo de aparatos que se utilicen usuario esta expuesto, todos esos aparatos generan distintas intensidades de CE y CM, pero entre mas lejos se encuentren del usuario menor sera la intensidad del campo que es absorbido.

A continuación se presentan resultados de mediciones todos en Alemania correspondientes a intensidades de CE y CM para diversos aparatos eléctricos comunes en los hogares y lugares de trabajo (los aparatos funcionan con electricidad a 50 Hz)⁹ TAB II y III.

⁷Texto tomado de [10]

⁸Texto tomado de [6]

⁹Texto y tablas tomados de [5], páginas 30 y 31

Electrodoméstico	Intensidad de CE (V/m)
Receptor estereofónico	180
Heladera	120
Batidora	100
Tostadora	80
Secador de cabello	80
Televisor de color	60
Cafetera eléctrica	60
Aspiradora	50
Horno eléctrico	8
Lamparilla	5
Valor límite recomendado	5000

TABLA II: Intensidades de CE típicas medidas cerca de electrodomésticos a 30 cm [5]

Aparato eléctrico	3 cm en μT	30 cm en μT	1 m en μT
Secador de cabello	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de de afeitar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspiradora	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Luz fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Horno microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Lavadora	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Lavavajillas	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Computadora	0,5 – 30	< 0,01	
Heladera	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	< 0,01
Televisor de color	2,5 – 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15
Valor límite recomendado	100(50 Hz) 83(60 Hz)	100(50 Hz) 83(60 Hz)	100(50 Hz) 83(60 Hz)

TABLA III: Intensidades del CM, típicas de algunos electrodomésticos [5]

VI-B. Transmisión y distribución de electricidad

La energía eléctrica se transmite desde las estaciones generadoras hasta los núcleos urbanos por medio de las líneas de transmisión, para luego ser conectadas a las líneas de distribución de las viviendas y empresas, reduciendo el voltaje por medio de los transformadores.

La mayor intensidad de campo en este medio, es cerca a las líneas de distribución y de transmisión pueden recibir hasta 12 kV/m y 30 μT , las personas que se encuentran trabajando en las estaciones y en las subestaciones pueden recibir CE de hasta 25 kV/m y CM de mayores que 2 mT. Aunque las paredes de las casas son buenos aislantes de CE y de los CM, estos campos son inversamente proporcionales a la distancia. Para los hogares que se encuentran alejados de las líneas de conducción eléctrica las intensidad de campo pueden ser de hasta 0,2 μT .

VII. FRECUENCIAS INTERMEDIAS (FI)

VII-A. Televisores y pantallas de computador

Las pantallas de computador y los televisores funcionan de manera similar, producen campos eléctricos estáticos y campos magnéticos alternos d diferentes frecuencias, generalmente si el usuario se encuentra aproximadamente entre 30 cm y 50 cm de la pantalla la densidad de flujo magnético es inferior a 0,7 μT y las intensidades de CE varían de 1 V/m a 10 V/m. Las pantallas LCD y LED generan campos poco intensos y no son muy significativos.

VII-B. Sistemas de seguridad

Estos aparatos son contruidos por medio de bobinas que son generadoras de campos electromagnéticos, aunque no superan los límites de exposición propuestos, estos aparatos se encuentran en las entradas y salidas de los supermercados, cajeros electrónicos y automáticos.

En los hospitales y aeropuertos son mas sensibles las bobinas instaladas porque son sensibles a los objetos metálicos, pero las intensidades de campo magnético son mayores a las anteriores, pero no superan los límites de intensidad.

VIII. RECOMENDACIONES

- Para los investigadores e interesados en el tema de CEM la salud, realizar más investigaciones sobre el tema porque los datos son muy inexactos y poco confiables, las investigaciones no han dado resultados veraces y convincentes.
- Es necesario que las empresas distribuidoras de energía eléctrica cumpla las directrices establecidas por la **IEEE** (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos) y la **ICNIRP** (Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes).
- Los objetos conductores de gran tamaño instalados don carácter permanente junto a líneas de transmisión eléctrica de alta tensión deberían estar provistos de una toma a tierra¹⁰.
- E lugares donde haya fuentes de exposición a campos ELF, el acceso del publico se restringirá mediante cercas o vallas¹¹.
- Los usuarios pueden reducir al mínimo el uso de aparatos generadores de CEM o aumentando su uso de distancia.
- Un sistema eficaz de información y comunicación de la salud entre científicos, gobiernos, industria y el público, es necesario ayudar a incrementar el conocimiento general de los programas que se ocupan de la exposición a los ELF para reducir cualquier desconfianza y temor¹².

IX. CONCLUSIONES

- Se comprendió la necesidad.de realizar y fomentar las investigaciones sobre este tema, los resultados obtenidos no son lo suficientemente fuertes para crear una controversia y así poder regular las exposiciones de los CEM al publico en general.
- El cuerpo humano es un generador de CEM, porque muchas de sus funciones principales están basados en este principio, aunque la más pequeña variación en estos procesos podría ser perjudicial para la salud, podría alterar el funcionamiento del corazón y de los impulsos nerviosos, motores principales de nuestra vida.
- Después de tantos estudios realizados por varios investigadores, especialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) no se ha podido llegar a una conclusión si existe una enfermedad crónica causada por los CEM.

- Es necesario incentivar a las empresas generadoras y transportadoras de energía para que hagan estudios sobre los artefactos utilizados comúnmente en el hogar y generadores de CEM, así podrán dar información a los consumidores sobre que artefactos producen con mayor intensidad estos campos, además que sean de acceso público, ya que en estos momentos nuestro país no tiene esos documentos y no existe información sobre el tema.
- Las empresas generadoras y transportadoras de energía deberían modernizar las distribuciones locales de redes eléctricas, para que puedan ofrecer mayor seguridad al consumidor sin importar los costos de inversión, sería un bien común.

REFERENCIAS

- [1] Matthew N. O. Sadiku. «*Elementos de Electromagnetismo*». OXFORD University Press, 2003.
- [2] Sears , Zemansky, Young. «*Física Universitaria*». Pearson Education, 2005.
- [3] Serway, Beichner. «*Física para ciencias e ingeniería*». McGraw-Hill, 2002.
- [4] «*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*», agosto 6 de 2008.
- [5] Sito Web: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd50/humana.pdf>
- [6] Sito Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html>
- [7] Sito Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs205/es/index.html>
- [8] Sito Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs263/es/index.html>
- [9] Sito Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs299/es/index.html>
- [10] Sito Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/es/index.html>

¹⁰Texto tomado de [7]

¹¹Texto tomado de [7]

¹²Texto tomado de [8]